(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 30 089 T2** 2005.01.20

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 831 350 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 30 089.7**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 307 362.0**
(96) Europäischer Anmeldetag: **22.09.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **25.03.1998**
(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **04.08.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.01.2005**

(51) Int Cl.[7]: **G02B 6/42**

(30) Unionspriorität:
27158396 20.09.1996 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT, SE

(73) Patentinhaber:
Sumitomo Electric Industries, Ltd., Osaka, JP

(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80538 München

(72) Erfinder:
Yoshida, Kazunori, 1-3, Osaka, JP; Nakanishi, Hiromi, 1-3, Osaka, JP; Yamabayashi, Naoyuki, 1-3, Osaka, JP

(54) Bezeichnung: **Methode zur Herstellung eines Halbleiterlaser-Moduls**

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] Diese Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines Halbleiter-Lasermoduls für die Verwendung bei der faseroptischen Übertragung, und insbesondere bezieht sie sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterlasermoduls, das in der Lage ist, den Kopplungswirkungsgrad anzuheben und die Zeit zum Ausrichten drastisch zu vermindern.

[0002] **Fig.** 1 zeigt einen Standardaufbau eines gewöhnlichen Halbleiter-Lasermoduls. Ein Gehäuse **2** hat einen Halbleiter-Lichtabgabechip **1** und eine Fotodiode **3** zur Überwachung. Ein Träger **6** erstreckt sich senkrecht zum Gehäuse **2** nahe der Mitte des Gehäuses **2**. Der Lichtabgabechip **1** ist auf einer Seitenfläche des Trägers **6** über einen Submount **8** befestigt. Eine Oberseite des Gehäuses **2** ist von einer Kappe **7** bedeckt, die ein Fenster und eine Linse in dem Fenster hat. Im Falle, dass die Lichtabgabevorrichtung eine Laserdiode ist, ist die Überwachungsfotodiode **3** im Mittelteil des Gehäuses **2** über einen weitren Submount **9** befestigt, um das vom hinteren Ende des Laserdiodenchips **1** abgegebene Licht zu erfassen. Eine Stirnfläche **10** einer Lichtleitfaser **5** ist schräg poliert, um zu verhindern, dass reflektiertes Licht zurück auf den Laserchip **1** trifft. Solches rücklaufendes Licht würde zu einem instabilen Zustand des Lasers **1** führen. Die schräge Stirnseite **10** ist in der Lage, Störungen zu verhindern, die vom instabilen Laserzustand verursacht werden.

[0003] Das vom Laser **1** nach außen (vorwärts) gehende Licht wird durch die Kugellinse **4** gesammelt und tritt in einen Kern der Stirnfläche **10** der Lichtleitfaser **5** ein. Das vom Laser **1** nach innen (rückwärts) ausgehende Licht tritt in die Überwachungsfotodiode **3** ein, und die Lichtleistung wird ständig überwacht. Eine Kernachsenlinie der Faser **5**, die Mitte der Linse **4**, die Mitte eines Emissionsteils des Lasers **1** und die Mitte des Fotodiodenchips **3** sind auf der gleichen geraden Linie ausgerichtet, d.h. sind auf die gleiche optische Achse ausgerichtet.

[0004] **Fig.** 2 zeigt ein Beispiel der Lichtabgabemodule, die in der Praxis verwendet werden. Ein Gehäuse **2** in **Fig.** 2 hat den gleichen Innenaufbau wie den von **Fig.** 1. **Fig.** 2 zeigt ein Modul, bei dem Teile zum Festlegen einer Lichtleitfaser **5** dem in **Fig.** 1 gezeigten Halbleiterlaser hinzugefügt sind. Eine zylindrische Hülse **14** ist auf dem Gehäuse **2** angeordnet und daran befestigt. Eine zylindrische Ferrule **15** hält einen Endabschnitt der Lichtleitfaser **5**. Die Ferrule **15** ist in einen zylindrischen Ferrulenhalter **16** eingesetzt. Eine Bodenfläche des Ferrulenhalters **16** ist an einer Oberseite der Hülse **14** befestigt. Die Kante **24** der Ferrule **15** ist ebenfalls schräg zusammen mit der Faser geschnitten. Hier ist die Z-Achse als die Richtung der optischen Achse definiert, und die XY-Ebene ist als die zur Z-Achse senkrechte Ebene definiert.

[0005] **Fig.** 2 zeigt ein Befestigungs-(Einlöt-)Modul, bei dem das Ende der Lichtleitfaser festgelegt ist, es ist jedoch möglich, einen anderen Modultyp herzustellen, bei dem eine Lichtleitfaser frei angebracht oder gelöst werden kann. Dieses ist beispielsweise ein Behältertyp-Modul, das in **Fig.** 3 gezeigt ist. Eine Ersatzfaser **17** ist von einer Ersatzfaserferrule **18** gehalten, und die Ferrule **18** ist von einem Halter **19** gehalten. Weiterhin ist der Halter **19** von einem zylindrischen Gehäuse **20** gehalten. Die Ausrichtung eines Lasers **1**, einer Linse **4** und der Ersatzfaser **17** vollzieht sich, wenn sie auf der gleichen Achslinie ausgerichtet werden.

[0006] Es gibt vier verschiedene Ausrichtungen zur Erzeugung eines Halbleiterlasermoduls, die nachfolgend erläutert werden.

Ausrichtung 1

[0007] Die erste Ausrichtung wird für die Befestigung einer Kappe **7** mit einer Linse an einem Gehäuse **2** an der günstigsten Position ausgeführt. Die Kappe **7** wird parallel zur XY-Ebene bewegt, wobei die Lichtleistung überwacht wird, die von der Linse in der Richtung senkrecht zur Linsenmittelebene abgegeben wird. Der Punkt, bei dem das senkrecht von der Linse ausgehende Licht maximal ist, wird gesucht, und die Kappe wird an dem Gehäuse an dem Maximumpunkt festgelegt. Diese Ausrichtung ist somit der Vorgang, bei dem die Mittelachslinie der Linse mit dem Abgabepunkt eines Lasers in der XY-Ebene in Übereinstimmung gebracht wird. Die Positionierung der Linse erfordert optische Einrichtungen. Der Laser sollte in der Mitte S des Gehäuses als Zielposition befestigt werden, jedoch ist es wirklich schwierig, den Laser exakt in der Mitte S anzuordnen. Die Position einer Linse weicht manchmal von der Mitte S des Gehäuses ab. Diese Ausrichtung ist erforderlich, um die Mitte der Linse genau über den Laser in konventionellen Modulen zu bringen.

Ausrichtung 2

[0008] Die zweite Ausrichtung wird zum Festlegen einer Ferrule **15** an einem Halter **16** ausgeführt. Der Halter

16 und die Ferrule **15** werden axial relativ zueinander in z-Richtung auf ihren zylindrischen Oberflächen bewegt. Diese Ausrichtung wird gewöhnlich ausgeführt, betrifft aber nicht die Verbesserungen durch die vorliegende Erfindung. Die detaillierte Erläuterung kann daher nachfolgend weggelassen werden.

Ausrichtung 3

[0009] Die dritte Ausrichtung wird zur Fixierung des Halters **16** an einer Hülse **14** ausgeführt. Der Halter **16** und die Hülse **14** werden relativ zueinander parallel in G-Oberflächen bewegt, wo die Unterseite des Halters **16** in die Oberseite der Hülse in XY-Ebene eingepasst wird. Diese Ausrichtung ist der Vorgang, mit dem das Ende **10** der Lichtleitfaser auf einen Abbildungspunkt des Lasers durch die Linse gebracht wird.

Ausrichtung 4

[0010] Die vierte Ausrichtung ist die Drehung der Ferrule **15** um die Z-Achse auf den zylindrischen Oberflächen des Halters **16** und der Ferrule **15**. Dieses war bei der konventionellen Ausrichtung kaum notwendig, die einen Laser, eine Linse und eine Lichtleitfaser auf der gleichen Achslinie ausrichtet. Dieses wird jedoch für eine Ausrichtung eines neuen Moduls notwendig, bei der ein Laser, eine Linse und eine Lichtleitfaser nicht auf der gleichen Achslinie angeordnet werden. Diese Drehausrichtung wäre für das neue Modul unverzichtbar, das unterschiedliche Achsen für einen Laser, eine Linse und eine Lichtleitfaser hat. Die Drehausrichtung ist so schwierig, dass sie erhebliche Zeit beansprucht, was die Herstellungskosten für Module vergrößert. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zielen auf Verbesserungen der vierten Ausrichtung.

[0011] Bei den bekannten Halbleiter-Lasermodulen mit dem oben beschriebenen Aufbau gab es bezüglich ihrer Grundfunktion keine Schwierigkeiten. Entsprechend dem Fortschritt und Anwendungen optischer Übertragungen sind jedoch bezüglich Lasermodulen niedrige Kosten und hohe Lichtausgangsleistung (was die in eine Lichtleitfaser gekoppelte Leistung ist und kurz als Pf bezeichnet wird) erforderlich geworden. Es sollte daher ein Kunstgriff angewendet werden, um zwei Forderungen zu befriedigen, nämlich hohe Ausgangsleistung und geringe Kosten, die einander von Hause aus widersprechen.

[0012] Beispielsweise sind Pf = 0,1 mW ~ 0,2mW Lichtleistung im Falle einer Kurzwegsendung bei bekannter optischer Übertragung ausreichend. Hohe Ausgangsleistung im Bereich 0,5mW bis 1 mW ist für die Lichtleistung in Fasern im Falle einer Sendung über mittlere Distanz in naher Zukunft erforderlich. Es besteht eine Möglichkeit, einzelne Teile, z.B. Linsen, Chips, optische Systeme usw. trickreich zu gestalten, um die Ausgangsleistung Pf zu verbessern.

[0013] Die Verwendung einer asphärischen Linse ist ein Verfahren, um Pf der in den **Fig.** 2 und 3 gezeigten Module zu erhöhen, weil eine asphärische Linse einer sphärischer Linse in Aberration und Fokussierfähigkeit überlegen ist. Eine solche asphärische Linse ist jedoch zu teuer, am Niedrigpreismodule herzustellen. Zwei-Linsen-Module, bei denen zwei Linsen verwendet werden, ist ein weiteres Verfahren, um Pf anzuhaben. Dieses Verfahren kann auch sowohl die Fokussierfähigkeit, als auch die Eingangsleistung Pf erhöhen, kann jedoch noch nicht das Problem der hohen Herstellungskosten lösen.

[0014] Ein weiteres Verfahren ist es, einen Halbleiter-Laserchip herzustellen, der eine hohe Ausgangsleistung Pf hat. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwenden jedoch vorzugsweise dieses Verfahren nicht, sondern möchten konventionelle Halbleiterchips verwenden.

[0015] Ein Hauptfaktor für das geringe Pf ist einer Lichtleitfaser zuzuschreiben, deren Stirnfläche schräg geschnitten ist. Selbst wenn von einem Laser abgegebenes Licht genau die Mitte einer Lichtleitfaser trifft, wird eine große Lichtleistung schräg vom schrägen Ende der Lichtleitfaser gebrochen und von einem Kern ausgeschlossen. Mit anderen Worten, der Weg des vom Kern einer Einzelmodusfaser emittierten Lichts liegt nicht auf einer Verlängerung der Faserachslinie, sondern hat einen gewissen schrägen Winkel zur Verlängerung der Faserachslinie. Der Laser liegt jedoch in der Verlängerung der Faserachslinie. Die Mitte des Lasers liegt also nicht im optischen Weg des von der Faser ausgehenden Lichts. Eine solche geometrische Fehlanpassung führt zu einer Verringerung des Pf.

[0016] Es sind einige Verbesserungen vorgeschlagen worden, um die geometrische Fehlanpassung zu beseitigen und dadurch das Pf zu steigern.

[0017] Diese Verbesserungen werden nachfolgend erläutert.

① Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 1-292877 (292877/1989)

[0018] Eine Linse und ein Halbleiterlaser sind auf einem optischen Weg des von einer schräg geschnittenen Oberfläche einer Lichtleitfaser installiert. Die Positionen, an denen die Linse und der Halbleiterlaser angeordnet sind, weichen daher von der Verlängerung der Lichtleitfaserachslinie ab. Wenn das vom Laser abgegebene Licht auftrifft und an der schräg geschnittenen Oberfläche entsprechend der geometrischen Optik gebrochen wird, verläuft das gebrochene Licht daher exakt längs der Lichtleitfaserachslinie. Pf nimmt daher zu. In dieser Anmeldung wird jedoch keine Erläuterung bezüglich der Befestigungseinrichtungen der Lichtleitfaser, der Linse und de Halbleiterlasers gegeben. Diese Anmeldung gibt weiterhin keine Lehre über die Ausrichtungen zwischen optischer Faser, Linse und Laser. Es wird angenommen, dass die Ausrichtung extrem schwierig ist, weil die Linse und der Laser nicht in Verlängerung der Lichtleiffaserachslinie liegen, jedoch gibt es keine Erläuterung zur Ausrichtung und der Schwierigkeit der Ausrichtung.

② Japanische Patentveröffentlichung Nr. 5-56483 (56483/1993)

[0019] Diese Vorveröffentlichung beschreibt ein Lasermodul mit einem mehr asymmetrischen Aufbau. Eine Ferrule, die ein Ende einer Lichtleiffaser hält, ist gegenüber einer Achslinie eines Ferrulenhalters geneigt. Ein zylindrischer Abschnitt der Ferrule ist in ein schräges Loch eingeführt, das in den Ferrulenhalter gebohrt ist und darin befestigt. Die Ferrulenachslinie, mit anderen Worten, die Lichtleitfaserachslinie, ist daher gegenüber einem Gehäuse geneigt. Wenn das Laserlicht ein Lichtleitfaserende trifft, wird es daran gebrochen und geht in die Lichtleiffaser, wobei die Ausbreitungsrichtung des Lichts mit der Lichtleiffaserachslinie zusammenfällt. Pf nimmt dadurch zu. Es ist jedoch zu schwierig einen solchen schrägen Ferrulenhalter herzustellen, und weiterhin vergrößert dieses Verfahren die Herstellungskosten des Ferrulenhalters. Weiterhin ist dieses Lasermodul schwierig zu handhaben, weil die Lichtleiffaser gegenüber dem Halter geneigt ist.

③ US-Patent Nr. 5 087 109

[0020] Dieses Dokument beschreibt ein Lasermodul mit einer Mittenachse mit einer Stablinse und einer Lichtleiffaser, die mit ihren Mitten auf der Mittenachse angeordnet sind. Eine Laserdiode liegt außerhalb der Mittenachse.

[0021] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gehen mehr auf Vorschlag des vorgenannten ① Dokuments ein, werten Licht auf Probleme und versuchen, eine Lösung der Probleme anzugeben. Beispiele, auf die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zielen und lösen, werden unter Bezugnahme auf die **Fig.** 4 und 5 erläutert. Die relativen Positionen eines Laser G, einer Linse L und einer Lichtleiffaser J unterscheiden sich von üblichen. In **Fig.** 4 sind eine Lichtleitfaserachse, eine Linsenoptikachse und eine Halbleiterlaseroptikachse zueinander parallel, liegen jedoch nicht auf der gleichen gemeinsamen Linie. Hier bestehend Diskrepanzen in drei optischen Achsen in der XY-Ebene. Der Halbleiterlaser, die Linse und die Lichtleiffaser sind auf einer schräg verlaufenden Linie hintereinander angeordnet. **Fig.** 4 ist mit der optischen Achse der Linse, d.h. SHT als Standard genommen, gezeichnet. Der Halbleiterlaser ist auf der linken Seite der Linse angeordnet, und die axiale Distanz zwischen dem Halleiterlaser G und der Linse L ist mit "a" bezeichnet. "P" ist ein Emissionspunkt des Halbleiterlasers G. Die optische Achse PN des Lasers G weicht um x von der optischen Achse SHT der Linse ab.

[0022] Ein Ende der Lichtleitfaser liegt auf der rechten Seite der Linse L. Die axiale Distanz b zwischen der Linse L und der Faser J ist b = ma, wobei m ein Vergrößerungsfaktor der Linse ist. Q ist die Mitte des Endes der Lichtleitfaser. Die Mitte P des Lasers, die Mitte N der Linse und die Mitte Q der Lichtleitfaser liegen auf einer geraden Linie. Die vertikale Distanz x zwischen der Lichtleitfaserachse QR und der Linsenachse ST ist mit X = mx bezeichnet. Es gibt einen vertikalen Abstand x zwischen der Laserachse PN und der Linsenachse ST, und es gibt einen vertikalen Abstand mx zwischen der Linsenachse ST und der Faserachse QR. Das Licht, das von P ausgeht, wird durch die Linse L gesammelt und bildet ein Abbild des Lasers auf dem Ende Q der Lichtleitfaser. Ein Lichtstrahl, der von dem Laser ausgeht, läuft zur Lichtleiffaser J, indem er durch den optischen Weg PKQ läuft. Ein weiterer, sich ausbreitender Strahl parallel zur optischen Achse trifft im Mittenpunkt Q der Lichtleitfaser auf, nachdem er einen anderen optischen Weg PMQ durchlaufen hat. Der Schnittpunkt F zweier Linien, d.h. MQ und ST, liegt um die Brennweite F von der Linsenmitte H entfernt. Weiterhin verläuft ein weiterer Strahl, der von P ausgeht, durch die Mitte H der Linse und erreicht Q auf einem geradlinigen optischen Weg PHQ.

[0023] θ bezeichnet einen Neigungswinkel der polierten Faserstirnfläche. Gewöhnlich ist bei Einfall des Lichts in der Achse der Einfallswinkel gleich θ. In diesem Falle trifft das Licht die Faserstirnfläche aber unter einem

schrägen Winkel α zur Axiallinie. **Fig.** 5 zeigt die Richtungen von Strahlen nahe dem Ende der Lichtleitfaser. Ein Winkel ist zwischen der Faserachslinie QR und der Senkrechten n auf die Faserstirnfläche eingeschlossen. Das Licht vom Laser fällt normalerweise in der Faserachse UQ ein. Bei der vorliegenden Erfindung geht das Laserlicht in die Faser längs des Weges MQ unter einem Einfallswinkel α gegenüber der Faserachse UQ. Es gibt eine Bedingung, damit das Laserlicht MQ an der Faserstirnfläche Q gebrochen wird und sich längs der Achslinie QR weiter fortpflanzt. Die Bedingung wird durch die nachfolgende Gleichung angegeben.

$$n_1 \sin(\alpha + \theta) = n_2 \sin\theta \quad (1)$$

n_1 ist dabei der Brechungsindex von Luft, n_2 ist der Brechungsindex des Faserkerns, α ist der Strahleinfallswinkel und θ ist der Schrägwinkel der Stirnfläche.

[0024] Wenn die Gleichung (1) erfüllt ist, dann ist das in die Lichtleitfaser eintretende und sich in der Faser ausbreitende Licht maximal. Wenn die folgende Gleichung erfüllt ist, dann ist also PF maximal:

$$\alpha = \sin^{-1}(n_2 \sin\theta / n_1) - \theta \quad (2)$$

[0025] Die Faserachse QR und die Laserachse SN weichen von der Linsenachse SHT ab. Es ist bekannt, dass das unter einem schrägen Winkel von α zur Faserachse eintretende Licht zur Steigerung von PF wirksam ist. Die älteren, o.g. Dokumente ① und ② beschreiben nichts darüber, wie die optischen Teile mit Achsabweichung zu stabilisieren sind, ohne industrielle Nützlichkeiten zu verlieren, oder wie eine Steigerung der Herstellungskosten vermieden werden kann und insbesondere wie die Schwierigkeiten der Ausrichtungen gelöst werden können.

[0026] Im konkreten Fall, da die Positionen, wo Halbleiterlaserchips (LD-Chips) montiert und in Gehäusen verteilt sind, sollte eine Bedienperson Ausrichtungen ausführen, um den optimalen Punkt zu suchen, indem das Faserende in der XY-Ebene vertikal zur Faserachse (z-Achse) bewegt wird und das Faserende um die Faserachse (z-Achse) gleichzeitig gedreht wird. Es kann selbstverständlich möglich sein, solche komplizierten Ausrichtungen auszuführen, würde jedoch sehr viel Zeit erfordern, um die Drehausrichtung zu Ende zu bringen. Die Herstellung von Modulen würde daher sehr viel Zeit und erhebliche Kosten verursachen. Nicht axial ausgerichtete Halbleiterlasermodule, wie in **Fig.** 4 und 5 gezeigt, sind bislang wegen der oben erwähnten Schwierigkeiten weder hergestellt noch verwendet worden.

[0027] Um die vorgenannten Ziele zu erreichen und in Übereinstimmung mit dem Zweck der Erfindung werden hier Ausführungsformen breit beschrieben.

[0028] Es ist erwünscht, die Halbleiterlasermodule herzustellen, die ein hohes Pf aufweisen, bei niedrigen Herstellungskosten und kurzer Herstellungszeit.

[0029] Es ist eine Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ein Halbleiterlasermodul anzugeben, das in der Lage ist, die Eingangslichtleistung Pf zu steigern und die Herstellungskosten und Herstellungszeit zu senken.

[0030] Ein weiteres Ziel einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es, ein Achsablage-Lasermodul vereinfachter Ausrichtungen anzugeben.

[0031] Ein noch weiteres Ziel einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren eines Achsablage-Lasermoduls mit einfachen Ausrichtungen anzugeben.

[0032] Ein Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterlasermoduls gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die Schritte: Definieren einer XYZ-Koordinate in einem Gehäuse, indem ein Punkt auf einer Mittellinie des Gehäuses als ein Ursprung angenommen wird, Identifizieren einer Ebene, die den Ursprung einschließt und sich parallel zu einer Oberfläche des Gehäuses erstreckt, als eine XY-Ebene und Identifizieren einer mittleren Normalen, die auf dem Mittelursprung vertikal zur Oberfläche des Gehäuses steht, als eine Z-Achse; und gekennzeichnet durch Berechnen eines Neigungswinkels α zu der Mittellinie mit einer Gleichung α =

$$\sin^{-1}(n_2 \sin\theta) - \theta,$$

wobei n_2 ein Brechungsindex einer Lichtleitfaser ist und θ ein Schrägwinkel einer schräg polierten Stirnfläche

der Lichtleitfaser mit einer längeren Kante und einer kürzeren Kante ist; Berechnen eines Laserabweichungsabstandes x_0 = tan α längs der x-Achse, wobei a ein Abstand zwischen einer Linse und einem Laser in der z-Richtung ist.; Fixieren eines Laserdioden-Chips an einer Position, die von dem Mittelpunkt des Gehäuses um x_0 = tan α in der x-Richtung abweicht, die in der Oberfläche des Gehäuses eingeschlossen ist; Installieren einer Linse an einem Mittelpunkt, der auf der Mittelaxiallinie liegt und von dem Laser um a in der z-Richtung in dem Gehäuse entfernt ist; Ausrichten der längeren Kante des schräg polierten Endes der Lichtleitfaser näher zur Mittelaxiallinie (z-Achse) als die kürzere Kante des polierten Endes; Positionieren des schräg polierten Endes der Lichtleitfaser, die parallel zur z-Richtung an einem Punkt gehalten ist, der in der z-Richtung um b = ma von der Linse entfernt ist und von der z-Achse um mx_0 in der x-Richtung abweicht, die eine zur Abweichung des Laserchips von der z-Achse entgegengesetzten Richtung ist, wobei m ein Vergrößerungsfaktor der Linse ist; Suchen eines Punktes, mit dem die höchste Kopplungsgüte erreicht wird, indem das Ende der Lichtleitfaser in der YX-Ebene bewegt wird; und Fixieren der Lichtleitfaser an dem Gehäuse an dem Punkt, wo die Kopplungsgüte ein Maximum hat.

[0033] Der Laser wird nämlich an einer Position installiert, die um x_0 von der Mitte des Gehäuses abweicht, anstelle den Laserchip in der Mitte des Gehäuses anzuordnen. Es ist einfach, die Linse an einer Kappe zu befestigen. Die Linse wird an einer Position befestigt, wo die Mitte der Linse mit der Mitte des Gehäuses übereinstimmt, ohne die Lichtleistungsverteilung zu messen. Es ist möglich, die Lichtleitfaser auszurichten, indem sie parallel in der XY-Ebene bewegt wird, wobei die Lichtleistungsverteilung von Pf untersucht wird. Die Kopplungsgüte nimmt zu, weil das Licht in die Faser unter einem schrägen Winkel α eintritt, der für die schräge Stirnfläche der Faser geeignet ist. Diese Ausführungsform nimmt eine komplizierte Anordnung an, die eine einfache Ausrichtung zur Steigerung der Kopplungsgüte erlaubt, so dass die Herstellungskosten nicht erhöht werden.

[0034] **Fig.** 6 zeigt eine Draufsicht auf die XY-Ebene des in **Fig.** 4 gezeigten optischen Systems. In **Fig.** 6 ist P die Projektion des Halbleiterlasers, und die Position Q ist die Projektion der Lichtleitfaser auf die zweidimensionalen Koordinaten, die die XY-Ebene in der Mittenebene der Linse einnimmt, wo die Faserachsrichtung die z-Achse ist und die Mitte der Linse der Ursprung ist. Die Mittelebene der Linse ist senkrecht zur Lichtleittaserachse. Da die Faserachse parallel zur z-Achse ist, ist die Linsenmittelebene parallel zur XY-Ebene. Die Lichtleiffaser stellt in diesem Falle eine Lichtleiffaser von beweglichen Modulen oder eine Ersatzfaser von Behältertyp-Modulen dar. Es gibt zahlreiche Fälle, die sich auf die projizierte Position P(x,y,) des Lasers auf die Linsenebene und die projizierte Position Q (X,Y) der Mitte der Faser auf die Linsenebene, d.h. XY-Ebene beziehen.

[0035] **Fig.** 4 zeigt ein Beispiel der günstigsten Anordnung, bei der ein Abbild eines Emissionsteils des LD-Chips auf einem Kern der Lichtleitfaserstirnfläche erzeugt wird. **Fig.** 6(a) zeigt die XY-Projektion von **Fig.** 4 auf die Linsenebene. Die Normale n auf die schräge Stirnfläche der Lichtleiffaser trifft auf die Y-Achse unter rechten Winkeln. Die Normale n, die auf die XY-Ebene projiziert ist, verläuft daher parallel zur X-Achse, und weiterhin liegen sowohl die Laserposition P(x,y) als auch die Faserposition Q (X,Y) auf der X-Achse. Das Verhältnis der Abstände vom Ursprung ist "m" und "m" ist ein konstanter Wert. "m" ist eindeutig durch die Brennweite f der Linse und den Abstand "a" zwischen der Linse und dem Halbleiterlaser bestimmt. Die Abweichung x des Lasers von der z-Achse ist ein Parameter. Daher werden P und Q, die in **Fig.** 6(a) gezeigt sind, im Allgemeinen P(x,0) und Q(–mx,0) bezeichnet. Die Drehausrichtung der Winkelrichtung bedeutet, dass die Positionen des Lasers und der Lichtleitfaser so bestimmt sein sollten, wie in **Fig.** 6(a) gezeigt. Der projizierte Punkt des Lasers ist durch ein Rechteck gezeigt, und der projizierte Punkt der Lichtleitfaser ist durch einen Pfeil gezeigt.

[0036] Die Ausrichtung der Winkelrichtung verlangt, dass der Halbleiterlaser in der Richtung der Projektion der Normalen n auf das Lichtleitfaserende abweichen sollte, und die Lichtleitfaser sollte um das m-fache in der Richtung entgegengesetzt zur Projektionsrichtung der Normalen abweichen. Die Drehausrichtung der Winkelrichtung ist eine der drei Ausrichtungsarten. Die Ausrichtung von Laser, Linse und Lichtleiffaser ist durch die Drehausrichtung daher noch nicht beendet worden. Wie in **Fig.** 5 gezeigt, wird der günstigste Schrägwinkel α des Strahls durch den Neigungswinkel θ des Faserendes bestimmt, wobei die günstigste Ausrichtposition x des Lasers so bestimmt ist, dass x = a tan a wird. Die günstigsten Positionen sind daher P(a tan α, 0) für den Laser und Q (–ma tan α, 0) für die Faser in **Fig.** 6(a). Die optimale Ausrichtung muss drei Forderungen befriedigen.

Forderung 1: Ein Abbild der Leuchtdiode sollte durch die Linse auf einem Kern der Lichtleiffaser erzeugt werden, d.h. OQ = –m OP.
Forderung 2: Beide Mitten des Lasers und der Lichtleiffaser liegen in der nZ-Ebene, die sowohl die Normale n auf die Stirnfläche der Faser als auch die Z-Achse einschließt.
Forderung 3: Die Abweichung x des Lasers von der Mitte befriedigt die Gleichung x = a tan α.

[0037] Die Position, die die obigen drei Forderungen erfüllt, ist die günstigste Position.

[0038] Zahlreiche Faktoren rufen tatsächlich eine Streuung von Montagepositionen der Laserchips an Gehäusen hervor. Wenn die Beziehung zwischen der Linse und dem Laserchip eng vorbestimmtist, erfüllt keine Ausrichtung alle drei Bedingungen. Forderung 1 kann durch eine Parallelbewegung einer Faser in der XY-Ebene erfüllt werden, jedoch werden Forderungen 2 und 3 nicht immer befriedigt.

[0039] **Fig.** 6(b) zeigt ein Beispiel der Streuung von Laserchips. Ein positiver x-Punkt B und ein negativer x-Punkt D liegen auf der X-Achse. Ein positiver y-Punkt C und ein negativer y-Punkt A liegen der auf Y-Achse. Hier sind vier Beispiele von ①, ② , ③ und ④ als die Montagepositionen von Lasern in **Fig.** 6(b) gezeigt.

[0040] ① ist ein Laser, der auf einem Punkt auf der BD-Linie liegt, die ein wenig zur B-Seite von der günstigsten Position der Laser in **Fig.** 6(a) abweicht. Der Laserpunkt 1 ist daher durch P(x,0) gezeigt, wobei x größer $a > a \tan \alpha$. In diesem Falle ist die günstigste Position der Lichtleitfaser gleich Q(–mx,0), die von Q (X,Y) von **Fig.** 6(a) zur D-Seite abweicht. Wenn die Faser fixiert wird, ist es möglich, die günstigste Position durch Bewegung des Endes der Lichtleitfaser in der XY-Ebene zu bestimmen. In diesem Falle 1 wird das Abbild der Leuchtdiode durch die Linse auf dem Kern der Lichtleitfaserstirnfläche erzeugt, und die Ebene, die die Normale und die optischen Strahlen einschließt, enthält die Lichtleitfaserachse, jedoch ist der Einfallswinkel nicht der günstigste. Die Bedingungen 1 und 2 werden daher befriedigt, jedoch wird die Bedingung 3 nicht befriedigt. Dieser Fall 1 hat eine kleinere Ausgangsleistung Pf als der optimale Fall von **Fig.** 6(a).

[0041] ② zeigt, dass ein Laser auf einer geraden Linie liegt, die einen Winkel δ_1 mit der BD-Achse (X-Achse) einschließt. Die X-Achse ist so definiert, dass sie die Projektionsrichtung der Normalen n auf die Stirnfläche der Lichtleitfaser ist. In diesem Fall 2 würde, wenn ein virtueller Lichtstrahl aus dem Ende der Lichtleitfaser austräte, der Strahl in der BD-Linie verlaufen, jedoch nicht den Laser ② erreichen. Wenn der Winkel δ_1 klein ist, kann es jedoch möglich sein, das Faserende in die günstigste Position einzustellen, die durch den Pfeil ② gezeigt ist, indem die Faser parallel in der XY-Ebene bewegt wird. Obgleich das Abbild der Leuchtdiode durch die Linse auf den Kern des Faserendes projiziert wird, ergibt Fall ② eine kleinere Ausgangsleistung Pf als der optimale Fall von **Fig.** 6(a) wegen der Neigung des einfallenden Lichtstrahls zur XZ-Ebene, die die Normale und die Achslinie einschließt. Die Projektionsposition des Lasers ist daher durch $(x, x \tan \delta_1)$ bestimmt, und die Projektionsposition der Faser ist durch $(-mx, -mx \tan \delta_1)$ bestimmt. Fall ② befriedigt die Forderung 1, befriedigt jedoch nicht die Forderungen 2 und 3. Jedoch erhält man ein ausreichendes Pf ohne die Drehausrichtung der Lichtleitfaser, so lange δ_1 klein ist.

[0042] ③ zeigt den Fall eines großen Abweichwinkels δ_2 zwischen der Richtung des Laserchips und der BD-Linie. Hier ist δ_2 größer als δ_1 In diesem Fall ③ ist es noch unmöglich, den Laser in die günstigste Position einzustellen, indem nur die Lichtleitfaser parallel in die Abbildungsposition der von der Linse in die XY-Ebene projizierten Leuchtdiode bewegen. Die Lichtleitfaser sollte um δ_2 an der Abbildungsprojektionsposition gedreht werden. Hierdurch würde ③ die Forderungen 1 und 2 erfüllen und würde ein ausreichendes Pf erzielen.

[0043] ④ zeigt den Fall, in dem ein Laserchip zur gegenüberliegenden Seite des optimalen Punktes über den mit O bezeichneten Ursprung hinaus abweicht. Der Laserchip befindet sich an einem Punkt $x < 0$ auf der X-Achse. Selbst wenn die Faser parallel in der XY-Ebene bewegt wird, damit $OQ = -mOP$ durch zweidimensionale Ausrichtung, ist der Einfallswinkel des Faserendes noch immer fern von einem optimalen Winkel. Die Lichtleitfaser sollte daher weiter um 180° gedreht werden. Es ist für eine Lichtleitfaser nicht gut, um 180° verdreht zu werden. Außerdem würde das Ausrichtsystem, das in der Lage ist, die Lichtleitfaser um 180° in der XY-Ebene zu drehen, extrem kompliziert werden.

[0044] Die installierten Positionen des Laserchips schwanken tatsächlich in einem gewissen Bereich um einen Zielpunkt. Wenn die Mitte der Linse dazu bestimmt ist, ein Zielpunkt zu sein, wie bei konventionellen LD-Modulen, weichen die installierten Positionen der Laserchips in allen Richtungen mit willkürlichen Distanzen um den Mittenpunkt O ab, wie in **Fig.** 6(b) gezeigt. Daher sollten drei Ausrichtungen ausgeführt werden, um die Faserstirnfläche in die optimale Position zu bringen, nämlich eine Parallelausrichtung in der XY-Ebene, eine Axialrichtung in der Z-Achse und eine Drehausrichtung um die Z-Achse. Speziell die Drehausrichtung um die Z-Achse nimmt viel Zeit in Anspruch, weil das System zum Drehen der Faser um die Mitte der Faser extrem kompliziert ist.

[0045] Ein immenser Zeiteinsatz bei der Ausrichtung führt zu einer Vergrößerung der Herstellungskosten. Ein Verfahren, das in der Lage ist, LD-Module genauer in kürzerer Zeit auszurichten, ist ein großer Wunsch gewesen. Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben ein neues Verfahren herausgefunden, um die Schwierig-

keiten zu lösen. Wenn der Laser axial auf die Linsenmittelebene projiziert wird, wie in **Fig.** 6(b) gezeigt, muss die Faser um 180° gedreht werden, wenn das projizierte Abbild des Lasers in einem Halbkreis CDA gegen die Neigungsrichtung der Normalen auf die Faserstirnfläche ist. Hingegen ist die Ausrichtung sehr viel einfacher, wenn das projizierte Abbild des Lasers im äußeren Halbkreis ABC gegenüber der Normalen-Neigungsrichtung ist. Wenn das projizierte Laserabbild auf der BO-Halblinie (X-Achse) im ABC-Halbkreis liegt, benötigt die Lichtleitfaser keine Drehausrichtung, was ein Vorteil ist.

[0046] Wie oben erwähnt, ist die Ausrichtung einfach, wenn Laser innerhalb des ABC-Halbkreises montiert sind, jedoch sind Laser nicht notwendigerweise im bevorzugten Bereich verteilt, der durch den ABC-Halbkreis umschlossen ist. Es wird angenommen, dass Laser zufällig um den Zielpunkt P (x,y) (x = α tan a, y =0) der vorliegenden Erfindung verteilt sein sollten, wie in **Fig.** 7 gezeigt. Dann wird ein Kreis mit seiner Mitte bei P angenommen und kurz Kreis P genannt. Kreis P schneidet die Y-Achse AC. Hier wird definiert, dass der Teil, der zum positiven x in ABC gehört, der Bereich M ist, und der Bereich, der zum negativen x in CAD gehört, der Bereich N ist. Wenn der Laser im Bereich N montiert ist, sollte die Lichtleitfaser um einen Winkel von mehr als ±90° für die Drehausrichtung gedreht werden. Die Existenz des Bereichs N ist daher nicht vorteilhaft. Wenn der Laser im Bereich M montiert ist, dann braucht die Lichtleitfaser entweder keine Drehung oder eine kleinere Drehung von weniger als ±90°.

[0047] Es ist ferner aus **Fig.** 8 bekannt, dass die Ausrichtung noch einfacher wird, wenn die installierte Position des Lasers zufällig in einem flügelförmigen Bereich liegt, der sandwichartig zwischen zwei Linien eingeschlossen ist, die gegen die X-Achse um ±ε geneigt sind, ausgehend vom Ursprung. Dieser Fall erfordert keine Drehausrichtung. Nur die Parallelbewegung in der XY-Ebene reicht für die Ausrichtung in diesem Falle. Eine solche Ausrichtung, die nur durch Bewegung des Lasers parallel in der XY-Ebene ausgeführt wird, ist das einfachste Verfahren und ist am günstigsten um einen hohen industriellen Wirkungsgrad niedrigster Herstellungskosten zu erreichen.

[0048] Die Grundidee von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist insoweit erläutert worden. Konkrete Verfahren zur Realisierung der Idee von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend erläutert.

[0049] (1) Für den günstigsten Einfallwinkel α gilt Folgendes:

[0050] Der günstigste Einfallwinkel α für eine Lichtleitfaser mit einer schräg geschnittenen Stirnfläche wird in den Gleichungen (1) und (2) berechnet. α kann durch drei Faktoren berechnet werden, d.h. θ, n_1 und n_2, wobei n_1 der Brechungsindex von Luft und n_2 der Brechungsindex einer Einzelmodusfaser aus Quarz ist. In diesem Falle sind n_1 = 1,0 und n_2 = 1,46. α hängt nicht von den Parametern einer Linse ab, jedoch hängt der optimale Wert der Abweichung x eines Laser von z-Achse von der Brennweite feiner Linse ab. Hier wird α durch Annahme einer Kugellinse als ein Beispiel berechnet.

[0051] R (Radius der Kugellinse), n_3 (Brechungsindex der Kugellinse) und f (Brennweite) sind wie folgt:
R = 0,75mm n_3 = 1,502 f = 1,122mm

[0052] Die günstigste Abweichung x des Lasers von der Mittenachse (Z-Achse) der Linse in X-Richtung wird durch die folgende Gleichung ausgedrückt:

$$x = f \tan \alpha$$

[0053] Diese Beziehung der obigen Gleichung ist aus den Tatsachen bekannt, dass ein von der LD parallel zur Z-Achse emittierter Strahl die Achse an einem Punkt der Brennweite f schneidet und dass der Strahl durch die Linse unter einem Winkel α gebrochen wird. Obgleich f tan α der günstigste Wert für x ist, schwanken die Positionen von Lasern tatsächlich. Um anzugeben, dass x = f tan α der günstigste Wert ist, wird dies durch x_0 (x_0 = f tan α) gezeigt.

[0054] Wenn angenommen wird, dass θ beispielsweise 4° (①), 6° (②) und 8°(③) ist, dann sind jedes α und jeder optimale Abweichungswert x_0 wie folgt:

	①	②	③
θ	4,0°	6,0°	8,0°
α	1,9°	2,8°	3,7°
X_0	36µm	55µm	72µm

[0055] Tatsächlich sind Abweichungsdistanzen x von Laserchips, die auf einem Gehäuse installiert sind nicht gleich x_0, sondern sind um x_0 verteilt. Wenn x gegenüber x_0 gestreut ist, was bringt dieses hervor? Selbst wenn die Lichtleitfaser genau in der günstigsten Position platziert ist, d.h. im Abbild des Lasers durch Linse, ist in diesem Falle nur eine kleine Leistung des Laserlichts in der Lage, in die Lichtleitfaser einzudringen. Weil ein Winkel zwischen der Normalen auf das Faserende und der Linie des in die Faser eintretenden Strahls vom Optimalwert (α + θ) abweicht. Wenn der Strahlwinkel von (α + θ) abweicht, wie verringert dieses die Leistung des einfallenden Lichts? Die Verringerung des Lichts hängt von einem Profil der Strahlen ab. Gausssche Zahlen werden für die Leistungsverteilung der späteren Berechnungen angenommen. Wenn der Laser von der günstigsten Position x_0 abweicht, ist die Lichtleistung kleiner. Der Bereich der zulässigen Streuung von x wird durch die Bedingung bestimmt, welches Ausmaß an Verschlechterung von Pf erlaubt ist.

[0056] Der Bereich der Kopplungsgüte vom Maximalwert bis zum –1dB-Abfall wird als Kopplungstoleranz angenommen. **Fig.** 9 ist eine graphische Darstellung, die das Verhältnis zwischen Laser/Faserkopplungsgüten und den radialen Distanzen x zwischen der Mitte der Linse (z-Achse) und LDs in den Fällen ① (θ = 4°), ② (θ = 6°) und ③ (θ = 8°). zeigt. Im Falle von ① ist die Kopplungsgüte eine Funktion, die den Maximalwert von 0dB bei x_0 = 36µm erreicht (36 = 1122 tan 1,9°) und abnimmt, wenn die Distanz x von 36µm abweicht. Fall ② nimmt die Maximalgüte von 0dB bei x_0 = 55µm (55 = 1122 tan 2,8°) an. Fall ③ nimmt die maximale Güte bei x_0 = 72µm (72 = 1122 tan 3,7°) an. Drei Kurven können durch Parallelbewegung miteinander überlappt werden. Wenn ein –1dB-Abfall vom Maximum als Kopplungstoleranz angenommen wird, dann wird die Toleranz für x alle drei Fälle 82µm.

(a) Verschlechterung von Pf um –1dB

	①	②	③
θ	4,0°	6,0°	8,0°
X (µm)	-5 ~ +77	+ 14 ~ +96	+32 ~ +114

[0057] Diese Berechnungen basieren auf einer Annahme, dass die Abweichung des Laserchips in Y-Richtung gleich 0 ist. Wirklich ist die Abweichung des Lasers in Y-Richtung jedoch nicht 0. Die Leistung des Lichts, das in die Lichtleitfaser eintritt, nimmt ebenfalls durch die Abweichung in Y-Richtung ab. Die Y-Richtungsabweichung sollte neben der X-Richtungsabweichung betrachtet werden. Im Falle von ❷ liegt die Verschlechterung der Kopplungsgüte innerhalb – 1dB, wenn die Laser zufällig in einem Kreis mit einem Durchmesser von 41 µm liegen, der seine Mitte an einem Punkt (35µm, 0) hat, der jedoch den Bereich x < 0 einschließt, der schwierig zu erreichen ist. Im Falle von ② ist es machbar, den Kopplungsverlust innerhalb des –1dB-Abfalls durch die günstigste Ausrichtung der Lichtleitfaser zu halten, wenn der Laser in einem Kreis mit einem Durchmesser von 41µm montiert wird, der seine Mitte an einem Punkt (55µm, 0) hat. Im Fall von ③ wird die Kopplungsgüte innerhalb eines –1dB-Abfalls für Laser in einem Kreis mit einem Durchmesser von 1µm gehalten, dessen Mitte an einem Punkt (72µm, 0) liegt.

[0058] Die zulässigen Positionen für Laserchips sind in **Fig.** 10 gezeigt, um das intuitive Verständnis zu erleichtern. In den Fällen ①, ② und ③ kann, wenn ein Laser in jedem schattierten Kreis montiert wird, der Kopplungsverlust innerhalb eines –1dB-Abfalls gehalten werden, indem die Lichtleitfaser an der günstigsten Position ausgerichtet wird. Welcher Verschlechterungsgrad der Kopplungsgüte erlaubt sein sollte, hängt von der verlangen Güte des Systems ab. Eine rigorosere Forderung gilt zuweilen für die Kopplungsgüte, beispielsweise ein Kopplungsgütebereich zwischen dem Maximalwert und einem –0,5dB-Abfall. Rigorosere Fälle werden als Fälle ®, ④ und ⑤ erläutert. Der geforderte Gütebereich ist 0,5dB Abfall vom Maximum für ④, ⑤ und ⑥. Die Anschrägungswinkel am Ende der Fälle ④, ⑤ und ⑥ sind 4,0°, 6,0° bzw. 8,0°. Die Fälle ④, ⑤ und ⑥ haben somit die gleichen Schrägwinkel wie im ①, ② bzw. ③ . **Fig.** 9 gibt eine engere Toleranz von 29µm Radius für einen –0,5dB-Abfall an.

	④	⑤	⑥
θ	4,0°	6,0°	8,0°
X (μm)	+7 ~ +65	+26 ~ +84	+44 ~ +102

[0059] Hier schreiben die aufgelisteten Parameter Segmente zulässiger Bereiche auf der X-Achse vor, die Streuung in Y-Richtung existiert aber wirklich. Wenn der Laser in jedem schattierten Kreis befestigt wird, die jeweils das gezeigte x-Segment als ein Durchmesser haben, dann kann der Bereich des Kopplungsverlustes auf innerhalb –0,5dB hinabgedrückt werden. ④ zeigt, dass ein Kreis einen Durchmesser von 29μm und eine Mitte bei (35μm, 0) hat. ④ zeigt weiter, dass wenn der Laser in diesem schattierten Kreis montiert ist, die Kopplungsgüte auf innerhalb –0,5dB reduziert werden kann. Fall ④ hat keinen schwierigen Anordnungsbereich, d.h. $x < 0$, was im Fall ① erscheint, weil der Durchmesser des Kreises ④ kleiner als der des Kreises ① trotz der gleichen Mittenkoordinate ist. ⑤ zeigt einen Kreis mit einer Mitte bei (55μm, 0), mit einem Durchmesser von 29μm. ⑤ ist kleiner als ② im Durchmesser, was nur eine andere Angelegenheit ist. ⑥ zeigt einen Kreis mit einem Durchmesser von 29μm und einer Mitte bei (72μm, 0). Wenn der Laser im Kreis ⑥ angeordnet wird, kann die Verschlechterung der Kopplungsgüte auf innerhalb –0,5dB im Falle eines Schneidwinkels von 8° der Lichtleitfaser vermindert werden.

[0060] Die Größe der Kreise, die die zulässigen Bereiche angeben, in denen Laser positioniert werden, hängt von dem Vergrößerungsfaktor der Linse ab. Dieses ist eine Selbstverständlichkeit. Wenn der Vergrößerungsfaktor klein ist, ist die von einer Abweichung der Laserposition hervorgerufene Verstellung des Laserabbildes auf der Faserstirnfläche klein. Der Toleranzkreis wird daher groß, weil er den Bereich von Laserpositionen zeigt, die eine vorbestimmte Verminderung der Kopplungsgüte erlauben. Ist hingegen der Vergrößerungsfaktor groß, wird das Laserabbild vergrößert, so dass der Abfall der Kopplungsgüte, der durch eine Abweichung von Laserpositionen hervorgerufen wird, groß wird. Der die zulässige Streuung von Laserpositionen zeigende Kreis wird daher klein. Wenn der Vergrößerungsfaktor kleiner ist, wird der zulässige Streubereich von Laserpositionen breiter, hat aber eine Grenze. Wenn der Vergrößerungsfaktor klein ist, wird die Lichtkopplungsgüte ebenfalls proportional klein. Der Vergrößerungsfaktor sollte daher im Bereich zwischen 1 und 3 unter dem Gesichtspunkt jeder Montagegenauigkeit der Teile eines Lasermoduls liegen.

[0061] Es ist möglich, auf das Verfahren der Anhebung der Toleranz von Laserpositionen durch Verminderung des Vergrößerungsfaktors zurückzugreifen.

[0062] Bei der konventionellen Montage von Lasermodulen ist ein optischer Standard für die Ausrichtung ein LD-Chip. Es wird daher zunächst ein LD-Chip auf einem Sockel befestigt. Dann wird eine Kappe, die eine Linse aufweist, parallel in der XY-Ebene bewegt, und die von einer Linse ausgehende Lichtleistung wird oberhalb der Linse gemessen, und die Kappe an der Position fixiert, wo man die maximale Lichtleistung erhalten kann. Dieses bekannte Montagevertahren erlaubt es, die Relativpositionen zwischen Linsen und Lasern um den Ursprung O zu verteilen. Die frühere Ausrichtung nahm an, dass die günstigsten Positionen von Linsen und Lasern $x = 0$ und $y = 0$ sein sollten, so dass die günstigste Beziehung jene ist, dass die Mitte der Linse mit der Mitte des Lasers zusammenfällt und Laser und Linsen um die Mitte (0,0) verteilt sind.

[0063] Die frühere Ausrichtung bringt niemals eine solche Verteilung von Lasern hervor, die gegen die B-Seite geneigt ist, wie in **Fig.** 10 gezeigt. Das konventionelle Montageverfahren hat zwei Fehler – einer ist, dass die Gleichachsigkeit von Linse und Laser nicht für die Lichtleitfaser mit schräger Stirnfläche geeignet ist, und ein zweiter ist, dass die Ausrichtung der Linse bei kontinuierlicher Beobachtung der vom Laser ausgehenden Lichtleistung ausgeführt werden muss.

[0064] Eine Ausführungsform dieser Erfindung schlägt ein Verfahren vor, das in der Lage ist, die obigen Nachteile zu beseitigen. Dieses Verfahren ist für jede Lichtleitfaser mit schräger Stirnfläche verfügbar, die unter verschiedenen Winkeln geschnitten ist, jedoch werden in dieser Beschreibung Wirkungen dieser Ausführungsform unter Bezugnahme auf eine Lichtleitfaser erläutert, deren Stirnfläche beispielsweise unter 6° geschnitten ist.

[0065] Wenn die Parameter der Linse als die oben erwähnten Werte bestimmt sind, d.h. $R = 0{,}75$mm, $n_3 = 1502$ und $f = 1.122$mm, dann wird die maximale Kopplungsgüte erhalten, indem man den Laser bei $x_0 = 55$μm im Falle der Lichtleitfaser mit einer um 6° geneigten Stirnfläche anordnet. Der Grund oben erläutert worden. Diese Ausführungsform montiert einen Laser an einem Gehäuse, wobei eine Position angestrebt wird, die um 55μm von der Mitte S des Gehäuses in einer bestimmten Richtung abweicht. Hier ist die Abweichungsrichtung

als die X-Richtung definiert.

[0066] Es gibt einen klaren Unterschied zwischen dem konventionellen Verfahren und diesem Verfahren bei der Bestimmung einer Laserposition, weil das konventionelle Verfahren die Mitte S eines Gehäuses anpeilt, jedoch dieses Verfahren eine andere Position für einen Laser anstrebt, der von S um 55μm in X-Richtung abweicht. Die günstigste Abweichungsdistanz x_0 ist nicht fest, sondern variiert durch drei Faktoren, d.h. einen Neigungswinkel θ einer Faser, eine Brennweite feiner Linse und einen Verstärkungsfaktor m einer Linse. Obgleich der Laser vorzugsweise an einer Position fixiert werden sollte, der von S um 55μm in X-Richtung abweicht, existiert unvermeidlich ein Montagefehler. Es ist sehr schwierig, den Laser präzise bei (55μm, 0) zu fixieren. Wirkliche Laserpositionen weichen sehr wahrscheinlich von einem Punkt (55μm, 0) ab, und sind zufällig in vertikalen und horizontalen Richtungen verteilt.

[0067] Da Laser zunächst an einer Stelle angeordnet werden sollen, die von S um eine gewisse Distanz, z.B. 55μm, in X-Richtung abweicht, ist die Wahrscheinlichkeit der Lasermontage in den schattierten Bereichen, die von jedem Kreis umgeben sind, in den Fällen ② und ⑤ extrem höher, als die konventionelle Ausrichtung, die (0,0) für Laser anstrebt.

[0068] Wenn es unbekannt wäre, welches die X-Richtung ist und wo der 55μm-Punkt auf dem Gehäuse liegt, wäre es für den Montagevorgang von Lasern ungünstig. Glücklicherweise erlaubt es ein Gehäuse jedoch nicht, einen Laser irgendwo auf einer Gehäuseoberfläche (XY-Ebene) zu fixieren, was eine vorteilhafte Tatsache ist. Die Befestigung eines Lasers auf einem Gehäuse hat keinen vollen zwei-dimensionalen Freiheitsgrad. Tatsächlich wird der Laser auf einer Seitenfläche eines Trägers befestigt, der in der Nachbarschaft der Mitte eines Gehäuses vorsteht. Da der Laser eine leuchtende Stirnfläche hat, sollte die gestreifte Oberfläche des Lasers parallel zur optischen Achse sein.

[0069] Am Gehäuse ist ein vorstehender Teil ausgebildet, und der Laser wird auf einer Seitenfläche des vorstehenden Teils befestigt. Eine LD-Oberfläche und die optische Achse sind zueinander parallel, so dass es zwei Arten von Freiheitsgraden gibt. Ein Freiheitsgrad ist die Bewegung in Z-Richtung, jedoch gibt es nur ein Freiheitsgrad aus dem Gesichtspunkt der XY-Ebene. Wenn die Seitenfläche des Trägers als YZ-Ebene definiert ist, dann ist der Zielpunkt an einer Stelle, die um x_0 in X-Richtung von der Mitte der Seitenfläche des Trägers abweicht. Es ist daher einfach, einen Laser an dem Gehäuse zu montieren, indem der Punkt angepeilt wird, der von der Mitte um x_0 abweicht. Es ist sicherlich möglich, den Gestalten eines Gehäuses und eines Submounts eine gewisse Anisotropie zu verleihen. Da ein solcher Fall ein Spezialgehäuse erfordert, können sich die Herstellungskosten erhöhen.

[0070] Es gibt mehrere Verfahren, einen LD-Chip an einer Position zu fixieren, der von der Mitte S in x-Richtung abweicht, jedoch werden hier vier Verfahren vorgeschlagen.

(1) Das einfachste Verfahren ist, dass eine Seitenfläche eines Trägers, der in der Mitte des Gehäuses angeordnet ist, als YZ-Ebene angenommen wird und eine LD an einer Stelle befestigt wird, die um x_0 nach rechts oder links von der Mitte der Seitenfläche des Trägers abweicht.
(2) Ein weiteres Verfahren ist, dass eine Position eines Trägers zum Befestigen eines Lasers zunächst an einem Punkt mit einer Abweichung x_0 parallel zur Seitenfläche des Trägers ausgebildet wird. Der Träger wird nicht in der Mitte des Gehäuses angeordnet, sondern an einer Stelle, die von der Mitte x_0 abweicht.
(3) Ein weiteres Verfahren besteht darin, dass ein Träger an einer Position ausgebildet wird, der um x_0 in einer Richtung senkrecht zu einer Seitenfläche des Pols abweicht.
(4) Das andere Verfahren besteht darin, dass eine Dicke eines Submount um x_0 vergrößert wird und ein LD-Chip über den Submount an einer Seitenfläche eines Trägers befestigt wird.

[0071] Ein abstrakter Ausdruck wie "strebt eine Position an, die vom Ursprung S um x_0 abweicht" würde einen großen Einsatz an Zeit und Geld hervorbringen und Fehler vergrößern. Entsprechend den obigen Verfahren wird jedoch der Laser an dem Träger befestigt, so dass die Montage mit der Abweichung x_0 einfach wird. (1) ist das einfachste Verfahren, weil konventionelle Gehäuse, so wie sie sind, verfügbar sind. Die Verfahren (2) und (3) erfordern die Herstellung ihrer Spezialgehäuse. (4) benötigt einen exklusiven Submount.

[0072] Die obige Erläuterung bezieht sich nur darauf, wie ein Laser an einem Gehäuse zu installieren ist. Diese Ausführungsform zielt jedoch wirklich auf die Ausrichtung optischer Fasern. Diese Ausführungsform hat die Befestigung eines Lasers an einem Gehäuse zum Ziel, um eine einfache Ausrichtung einer Lichtleitfaser zu realisieren. Bei dieser Ausführungsform wird, wie oben erläutert, zunächst ein Laser in einem Gehäuse an einer Stelle installiert, die von der Mitte in X-Richtung abweicht. X-Richtung, das ist die Abweichungsrichtung ei-

nes LD-Chips, ist auf einem Gehäuse definiert. Die X-Richtung ist die zur Projektion einer normalen auf die schräge Stirnfläche einer Lichtleitfaser an einem Gehäuse entgegengesetzte Richtung (siehe **Fig.** 4 und 5).

[0073] Die Richtung gegen den längsten Punkt von der Mitte einer schrägen Stirnfläche einer Lichtleitfaser sollte die X-Richtung sein (siehe **Fig.** 6 und 7). Da die schräge Richtung der Stirnfläche der Lichtleitfaser durch Markierung auf einer Ferrule usw. gezeigt worden ist, ist es möglich, die X-Richtung an der Faser durch die Markierung zu bestimmen. Die X-Richtung der Lichtleitfaser kann mit der X-Richtung des Gehäuses bei der Montage der Faser am Gehäuse zusammenfallen. Die Ausrichtung der XY-Ebene und die Ausrichtung in Z-Richtung sollten weiter durchgeführt werden. Wenn eine Lichtleitfaser auf den Laser ausgerichtet ist, dann ist somit die Drehausrichtung der Lichtleitfaser unnötig, weil die Abweichungsrichtung zu Beginn durch das schräge Ende der Faser bestimmt worden ist. Es ist eine höchst vorteilhafte Eigenschaft dieser Ausführungsform, dass eine solche Drehausrichtung unnötig oder nahezu unnötig ist.

[0074] Das Lasermodul der vorliegenden Ausführungsform ist in der Laser/Faser-Kopplungsgüte gegenüber dem konventionellen Lasermodul überlegen, das eine Laserachse, eine Linsenachse und eine Lichtleitfaserachse auf der gleichen Axiallinie ausrichtet, weil die vorliegende Ausführungsform ermöglicht, dass das gesamte Licht, das von einem Laser abgegeben wird, in eine schräg polierte Stirnfläche einer Lichtleitfaser unter einem Winkel α eintritt, der bewirkt, dass das gesamte Licht in die schräge Stirnfläche eintritt. Wenn drei Achsen einmal voneinander getrennt sind, dann kann es im Allgemeinen notwendig sein, die Lichtleitfaser zur Ausrichtung von drei Teilen, nämlich einer Linse, eines Lasers und einer Faser, zu drehen. Es erfordert viel Zeit, die Drehausrichtung durchzuführen. Bei der vorliegenden Erfindung wird zunächst ein Laser an einer Stelle installiert, die von der Mitte eines Gehäuses um x_0 in einer gewissen Richtung abweicht, und aus diesem Grunde ist die Drehausrichtung der Lichtleitfaser unnötig. Die für die Ausrichtung unter drei Teilen erforderliche Zeit, ist vermindert, was die Herstellungskosten herabsetzt. Das Lasermodul der vorliegenden Ausführungsform ist hervorragend in Ausgangsleistung und Herstellungskosten.

[0075] Beispiele von Ausführungsformen der Erfindung werden unter Bezugnahme auf die mehreren Figuren der begleitenden Zeichnungen erläutert.

[0076] **Fig.** 1 ist eine perspektivische Längsschnittdarstellung, die übersichtlich die Zuordnung zwischen eine Laser und einer Lichtleitfaser bei eine konventionellen Halbleiterlasermodul zeigt.

[0077] **Fig.** 2 ist eine Längsschnittdarstellung eines konventionellen Einlöt-Halbleitermoduls.

[0078] **Fig.** 3 ist eine Längsschnittdarstellung eines gewöhnlichen Behälter-Halbleiterlasermoduls.

[0079] **Fig.** 4 ist eine schematische Darstellung des optischen Systems zur Erläuterung der günstigsten Relativpositionen eines Halbleiterlasers, einer Linse und einer Lichtleitfaser mit schräg geschnittener Stirnfläche.

[0080] **Fig.** 5 ist eine Erläuterungsansicht zur Beschreibung der Kopplung eines Laserstrahls mit einer Lichtleitfaser, die eine polierte, schräge Stirnfläche hat.

[0081] **Fig.** 6(a) ist eine Projektionsansicht des optischen Systems und zeigt die Relativpositionen eines Lasers, einer Linse und einer Lichtleitfaser in der XY-Ebene durch Projektion des Lasers und der Lichtleitfaser auf eine Linsenmittenebene, wenn sie in ihren günstigsten Positionen angeordnet sind.

[0082] **Fig.** 6(b) ist eine Projektionsansicht des optischen Systems und zeigt relativen Positionen eines Lasers, einer Linse und einer Lichtleitfaser durch Projektion des Lasers und der Lichtleitfaser, ob eine Linsenmittenebene, wenn sie an den Positionen ①, ② , ③ und ④ angebracht sind, die von ihren günstigsten Positionen abweichen.

[0083] **Fig.** 7 ist eine Projektionsdarstellung des optischen Systems und zeigt die relativen Positionen eines Lasers, einer Linse und einer Lichtleitfaser, wobei P(x,y) die günstigste Position eines Lasers ist und ein Kreis um P einen zulässigen Abweichungsbereich eines Lasers zeigt.

[0084] **Fig.** 8 ist eine Projektionsansicht des optischen Systems und zeigt die relativen Positionen eines Lasers, einer Linse und einer Lichtleitfaser durch Projektion des Lasers und der Lichtleitfaser auf eine Linsenmittenebene, wobei der Bereich, der für die günstigsten Positionen eines Lasers ohne Drehausrichtung erreichbar ist, gezeigt ist.

[0085] **Fig.** 9 ist eine graphische Darstellung, die den Zusammenhang zwischen dem Abstand (x) von der Mittellinie einer Linse zu einem Laser in X-Richtung und der Kopplungsgüte (dB) in drei Fällen ①, ② und ③ der Schrägwinkel von Faserenden zeigt, wobei ① ist 4,0°, ② ist 6,0" und ③ ist 8,0, wenn die Montageposition von Lasern auf eine Linsenebene projiziert wird.

[0086] **Fig.** 10 zeigt sechs zulässige Bereiche von LDs, wenn zulässige Verschlechterungen der Kopplungsgüte gleich –1 dB und –0,5dB sind und die Schrägwinkel θ einer Lichtleitfaserstirnfläche 4°, 6° und 8° sind. In ① ist θ = 4° und die zulässige Verschlechterung der Kopplungsgüte ist –1dB, im ② ist θ = 6° und die zulässige Abnahme der Kopplungsgüte ist –1dB, im ③ ist θ = 8° und die zulässige Abnahme der Kopplungsgüte ist –1dB, im ④ ist θ = 4° und die zulässige Abnahme der Kopplungsgüte ist –0,5dB, im ⑤ ist θ = 6° und die zulässige Abnahme der Kopplungsgüte ist – 0,5dB, und im ⑥ ist θ = 8° und die zulässige Abnahme der Kopplungsgüte ist –0,5dB.

[0087] **Fig.** 11 ist eine Darstellung der zweidimensionalen Verteilung von Lasermontagepositionen, wenn sechzig Laser in sechzig Gehäusen jeweils entsprechend Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung montiert sind und ein Schrägwinkel θ einer Lichtleitfaser 6° ist, d.h. θ = 6°. Ein Kreis zeigt den Bereich, wo die Verschlechterung der Kopplungsgüte kleiner als –1dB ist. Fast alle Muster sind in dem Kreis eingeschlossen. Dieses beweist, dass diese Ausführungsform Lasermodule erstellen kann, deren Güte im Bereich zwischen der günstigsten Kopplungsgüte und einem Abfall von –1dB liegt, ohne Drehausrichtung der Lichtleitfaser.

[0088] **Fig.** 12 ist ein Histogramm der Kopplungsleistungsverteilung (μm), wenn eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung an sechzig Halbleiterlasermodulmustern angewendet wird. In diesem Falle ist die mittlere Lichtleistung 361μW, und die Standardabweichung ist 53 μm.

[0089] **Fig.** 13 zeigt eine Längsschnittansicht eines Einlöt-Lasermoduls als eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der ein Laser an der günstigsten Stellung befestigt ist, indem der Laser von der Mitte einer Trägerfläche nach links abweicht.

[0090] **Fig.** 14 zeigt eine Längsschnittansicht eines Einlöt-Lasermoduls als eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der ein Laser an einem Submount befestigt ist, der dicker als ein konventioneller Submount ist, und über dem dicken Submount an dem Träger an einer Stelle befestigt ist, bei der der Laser von der Mitte eines Gehäuses in Richtung senkrecht zur Laseroberfläche um den Submount abweicht.

[0091] **Fig.** 15 zeigt eine Längsschnittdarstellung des Behälter-Lasermoduls als eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der ein Laser an einem Submount an der günstigsten Position befestigt ist, indem der Submount von der Mitte des Trägers nach links abweicht.

[0092] **Fig.** 16 ist eine Längsschnittdarstellung des Behälter-Lasermoduls als eine vierte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der ein Laser an einem Submount befestigt ist, der dicker als ein konventioneller ist, und der Submount an dem Träger befestigt ist, um den Laser gegenüber der Mitte eines Gehäuses in Richtung senkrecht zur Laseroberfläche zu versetzen.

[0093] Vier Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen der **Fig.** 13 bis 16 erläutert.

Ausführungsform 1: Einlöt-Lasermodul

[0094] Der Laser weicht parallel zu einer Trägeroberfläche ab.

[0095] **Fig.** 13 ist eine Längsschnittansicht eines Halbleiterlasermoduls als eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Fotodiodenchip **3** ist auf einer kreisförmigen Oberseite eines Gehäuses **2** vermittels eines Submount **9** befestigt. Der Fotodiodenchip **3** ist darauf so befestigt, dass seine Mitte mit der Mitte O des Gehäuses **2** zusammenfällt.

[0096] Ein Träger **6** steht in Richtung senkrecht zur Oberseite in der Nachbarschaft der Mitte der Oberseite des Gehäuses **2** vor. Ein Laser **1** ist an einem oberen exzentrischen Punkt an einer inneren Seitenfläche des Trägers **6** über einen Submount **8** befestigt. Der Laser **1** befindet sich somit an einer Stelle, die von der Mittenlinie S nach links abweicht. Die Seitenfläche des Trägers 6 verläuft parallel zur XZ-Ebene, so dass der Laser an einer Stelle installiert ist, die von S um x_0 nach links auf der XZ-Ebene abweicht. Dieses ist eines der Merkmale der vorliegenden Erfindung. Da der Montagefehler wirklich berücksichtigt werden sollte, wird der Laser

an einer benachbarten Position um einen Zielpunkt von (x_0, 0) herum befestigt.

[0097] Eine Kappe **7** hat ein Fenster, und eine Linse **4** füllt das Fenster aus. Die Kappe **7** wird an dem Gehäuse **2** befestigt, wenn die Mitte O des Gehäuses mit der Mitte S der Linse zusammenfällt. Hier nimmt die vorliegende Erfindung nicht eine solche gewöhnliche Ausrichtung zur Anbringung einer Kappe an einer Position an, bei der die maximale Lichtleistung in Z-Richtung ausgeht, indem die abgegebene Lichtleistung, die von der Faser ausgeht, beobachtet wird. Die Position der Kappe **7** wird bestimmt, und die Kappe **7** wird auf dem Gehäuse **2** durch einen einfachen mechanischen Vorgang befestigt. Eine Hülse **14** wird am Gehäuse **2** angeschweißt. Ein Ende einer Lichtleitfaser **5** wird in einer Ferrule **15** befestigt, und eine Stirnfläche der Ferrule wird schräg unter einem Winkel θ poliert. Die Ferrule **15** wird in einen Ferrulenhalter **16** eingeführt. Die Richtung des untersten (längsten) Punktes **32** der schrägen Stirnfläche wird durch eine gewisse Markierung **31** auf der Seite des Ferrulenhalters **16** spezifiziert. Die Markierung **31** wird auf die Abweichungsrichtung (X-Richtung) des Laserchips **1** eingestellt, und der Halter **16** wird mit der Hülse **14** in Berührung gebracht. Der niedrigste Punkt **31** der Schrägfläche der Ferrule fällt somit mit der Abweichungsrichtung (X-Richtung) des Lasers auf dem Träger **6** zusammen.

[0098] Unter Aufrechterhaltung dieser Koinzidenzsituation wird die Ausrichtung von Laser **1**, Linse **4** und Lichtleitfaser **5** ausgeführt, indem der Halter **16** parallel in der XY-Ebene bewegt wird. Gleichzeitig wird die Halterposition in der XY-Ebene gesucht, indem man die maximale Leistung des eingehenden Lichtes durch Messung der Lichtleistung erhält, die vom anderen Ende des Faser **5** ausgeht. Die günstigste Position liegt an einem Punkt, wo der Halter in -X-Richtung von der Mittenachse abweicht. Der Halter **16** wird daher an der Hülse **14** in einer Stellung festgelegt, die von der Mitte nach rechts abweicht. Wenn der Vergrößerungsfaktor der Linse mit m bezeichnet ist, dann wird die maximale Abweichungsdistanz des Halters **16** durch $-mx_0$ ausgedrückt. In der nächsten Stufe wird die Ferrule **15** in Z-Richtung zum Halter **16** bewegt, und ihre günstigste Position in Z-Richtung wird bestimmt. Die letztgenannten zwei Ausrichtungen erfordern die Messung der Lichtleistung.

[0099] Die Montageposition des Lasers erfordert manchmal, eine Rotationsausrichtung der Lichtleitfaser durchzuführen. Die Zielposition zur Befestigung eines Lasers ist (x_0, 0) auf der X-Achse, jedoch tritt praktisch ein gewisser Fehler bei der Lasermontage auf, so dass die y-Koordinate häufig nicht null ist. Im Allgemeinen wird die Lasermontageposition mit ($x_0 \pm \varepsilon, \delta$) ausgedrückt. In diesem Falle kann die Faser an der günstigsten Position angebracht werden, indem man die Lichtleitfaser nur am $\tan^{-1}(\delta/(x_0 \pm \varepsilon))$ dreht, was ein kleiner Winkel praktisch nahe null ist. Da der Drehwinkel kleiner als 30° ist, kann man eine ausreichende Lichtleistung erhalten, ohne die Faser selbst in diesem Falle zu drehen. Natürlich wäre es besser für die Steigerung der Kopplungsgüte, die Faser um einen Winkel von $\tan^{-1}(\delta/(x_0 \pm \varepsilon))$ innerhalb ±30° zu drehen. Der Bereich des Winkels ±30° zum Drehen der Lichtleitfaser ist viel kleiner als 180°. Die Drehausrichtung eines schmalen Bereiches von weit weniger als 180° ist für die vorliegende Ausführungsform gut genug.

Ausführungsform 2: Einlöt-Lasermodul

[0100] Der Laser weicht in der Richtung senkrecht zu einer Trägeroberfläche um einen dicken Submount ab.

[0101] **Fig.** 14 ist eine Längsschnittdarstellung des Halbleiterlasermoduls einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Fotodiodenchip **3** wird auf dem Mittenteil O einer Bodenfläche eines kreisförmigen Gehäuses **2** über einen Submount **9** befestigt. Ein Träger **6** steht vom Gehäuse **2** in Nachbarschaft zum Mittenteil O vor. Ein Laser wird auf einer Seitenfläche des Trägers **6** über einen Submount **8** befestigt. Der Submount **8** ist dicker als ein gewöhnlicher zur Befestigung des Lasers an einer Position, die von der Mittenlinie S nach links in Richtung der Dicke abweicht.

[0102] Die Seitenfläche des Trägers **6** ist als parallel zur YZ-Ebene definiert, so dass der Laser an einer Position angebracht werden kann, die von der Mitte um x_0 nach links abweicht, indem der dicke Submount **8** zwischen dem Träger **6** und dem Laser **1** eingeschlossen wird. Da die Abweichungsdistanz von der Dicke eines Submount abhängt, ist es machbar, eine genauere Abweichungsdistanz nahe einem vorbestimmten Wert x_0 zu erzielen, indem rigoros die Dicke eines Submount bestimmt wird. Dies ist ein weiteres Merkmal der vorliegenden Erfindung. Der Laserchip **1** wird auf dem Mittenteil des Submount **8** befestigt, weil dort keine Abweichung in Y-Richtung ist. In Wirklichkeit wird der Laserchip **1** an einer benachbarten Position um einen Punkt (x_0, 0) mit einem Fehler befestigt.

[0103] Die folgenden Vorgänge nach Fixierung des Laserchips **1** auf dem Gehäuse **2** sind die gleichen, wie bei **Fig.** 13. Eine Kappe **7** hat ein Fenster, und eine Linse **4** ist an dem Fenster befestigt. Die Kappe **7** wird auf dem Gehäuse **2** installiert, wenn die Mitte S der Linse **4** mit der Mitte O des Gehäuses **2** zusammenfällt. Hier

nimmt die vorliegende Ausführungsform nicht die konventionelle Ausrichtung der Anbringung einer Kappe an einer Position an, wo die maximale Lichtleistung in Z-Richtung ausgeht, wenn man das von der Faser abgegebene Ausgangslicht beobachtet. Die Position der Kappe wird durch einfache mechanische Vorgänge bestimmt, und die Kappe wird daran befestigt.

[0104] Eine Hülse **14** wird am Gehäuse **2** angeschweißt. Ein Ende einer Lichtleitfaser **5** wird in einer Ferrule **15** befestigt, und eine Ferrulenstirnfläche wird schräg unter einem Winkel θ poliert. Die Ferrule wird in einen Ferrulenhalter **16** eingeführt. Die Richtung am tiefsten, längsten Punkt **32** der schrägen Stirnfläche ist durch eine gewisse Markierung **31** auf der Seite des Ferrulenhalters **16** gezeigt. Die Markierung **31** fällt mit der Abweichungsrichtung des Laserchips zusammen, d.h. die X-Richtung fällt mit der Richtung der Normalen auf den Träger **6** zusammen, und der Halter **16** wird mit der Hülse **4** in Berührung gebracht. Der niedrigste Punkt **32** einer Schrägfläche der Ferrule fällt daher mit der Abweichungsrichtung (X-Richtung) des Lasers auf dem Träger zusammen.

[0105] Der Halter **16** wird durch Parallelbewegung in der XY-Ebene ausgerichtet. Weiterhin wird die Ferrule **15** in Z-Richtung zum Halter **16** bewegt, und die günstigste Position Z wird ermittelt. Die letzten zwei Ausrichtungen werden durch Messung der Lichtleistung am anderen Ende der Faser ausgeführt.

Ausführungsform 3: Behälter-Lasermodul

[0106] Der Laser weicht parallel zur Trägeroberfläche ab.

[0107] **Fig.** 15 ist eine Längsschnittdarstellung des Halbleiterlasermoduls einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Ausführungsform **3** von **Fig.** 15 ist die gleiche, wie die Ausführungsform 1 von **Fig.** 13 im Gehäuse- und Hülsenteil. Ein Fotodiodenchip **3** wird auf dem Mittenteil einer Bodenfläche eines kreisförmigen Gehäuses **2** über einen Submount **9** befestigt.

[0108] Der Fotodiodenchip **3** wird festgelegt, wenn seine Mitte mit der Mitte O des Gehäuses **2** zusammenfällt. Ein Träger **6** steht nach oben nahe der Mitte einer Oberseite des Gehäuses **2** vor.

[0109] Ein Laser **1** wird an einer oberen Seitenfläche des Trägers **6** über ein Submount **8** befestigt. Der Laser weicht von der Mittenlinie S des Trägers nach links ab. Die Seitenfläche des Trägers **6** ist parallel zur XZ-Ebene, so dass der Laser **1** an einer Position angebracht werden sollte, die um x_0 von der Mitte nach links abweicht. Da in Wirklichkeit Fehler bei der Lasermontage auftreten, wird der Laser **1** an einer Position befestigt, die einem Punkt (x_0, 0) benachbart ist.

[0110] Eine Kappe **7** hat ein Fenster, und eine Linse wird in dem Fenster installiert. Die Kappe **7** wird an der Mitte O des Gehäuses **2** angebracht. Die Mitte der Kappe **7** fällt somit mit der Mitte S der Linse **4** zusammen. Hier nimmt die vorliegende Ausführungsform nicht eine solche konventionelle Ausrichtung zur Anbringung der Kappe an Position an, wo die maximale Lichtleistung in Z-Richtung ausgeht, wenn man das von einem Laser abgegebene Licht beobachtet. Die Position der Kappe **7** wird a priori durch einfache mechanische Vorgänge bestimmt und darin befestigt. Eine Hülse **14** wird an dem Gehäuse **2** angeschweißt. Der auf die Hülse aufgesetzte Teil ist ein Behälter.

[0111] Eine kurze Ersatzlichtleitfaser **17** wird an einer Ersatzfaserferrule **18** befestigt, und eine schräg polierte Stirnfläche der Ferrule **18** wird in einen zylindrischen Halter **19** eingesetzt. Ein zylindrisches Gehäuse **20** wird außen am Halter **19** befestigt. Das Gehäuse **20** ist mit einem breiten Flansch **21** versehen. Ein Außengewinde **22** ist an einer oberen Endwand des Gehäuses **20** ausgebildet. Der Halter **19** ist mit einem Befestigungsteil **21** versehen. Eine Lichtleitfaser kann in dem Befestigungsteil **23** eingesetzt und daran mittels eines Befestigungsschraubteils befestigt werden. Eine detaillierte Beschreibung des Aufbaus ist hier weggelassen. Die Lichtleitfaser ist in der Lage, am Behälter angebracht und davon gelöst zu werden.

[0112] Die Relativpositionen der Ersatzfaser **17**, der Ferrule **18**, des Halters **19** und des Gehäuses **20** werden zuvor festgelegt. Sowohl die Ersatzfaser **17** als auch die Ferrule **18** haben Stirnflächen, die schräg poliert sind. Die Richtung des niedrigsten Punktes **32** wird durch eine gewisse Markierung **31** auf der Außenwand des Gehäuses **20** markiert. Diese Markierung **31** sollte mit der Abweichungsrichtung (X-Richtung) des Laserchips zusammenfallen, und der Halter **19** und das Gehäuse **20** sind mit der Hülse **14** in Berührung. Der niedrigste Punkt **32** der schrägen Stirnfläche der Ferrule fällt daher mit Abweichungsrichtung (X-Richtung) des Lasers auf dem Träger **6** zusammen.

[0113] Unter diesen Koinzidenzbedingungen wird das Gehäuse **20** auf der Hülse **14** parallel in der XY-Ebene bewegt, um einen Punkt zu suchen, an dem die Leistung das Maximum annimmt, indem die Lichtleistung gemessen wird, die am Ende der Lichtleitfaser ausgeht, und wird an der Hülse **14** an einer Position befestigt, wo die maximale Lichtleistung erhalten werden kann. Eine Position, die in -X-Richtung um eine gewisse Distanz abweicht, ist der beste Platz für den Halter. Der Halter **19** und das Gehäuse **20** werden zusammen an einer Position festgelegt, die von der Mitte nach rechts abweicht. Wenn der Vergrößerungsfaktor der Linse m ist, dann ist die für den Halter geeignete Abweichungsdistanz gleich $-mx_0$.

[0114] Die Drehausrichtung der Lichtleitfaser ist manchmal entsprechend der Montageposition des Lasers zusätzlich notwendig. Die Zielposition zur Befestigung des Lasers ist (x_0, 0) auf der X-Achse, in Wirklichkeit existiert jedoch ein Fehler. Die y-Koordinate ist daher nicht null. Im Allgemeinen werden die Koordinaten des Lasers auf dem Gehäuse durch ($x_0 \pm \varepsilon$, δ) ausgedrückt. In diesem Falle sollte die Faser nur um $\tan^{-1}(\delta/x_0 \pm \varepsilon)$ gedreht werden, um die günstigste Position der Faser zu realisieren. $\tan^{-1}(\delta/x_0 \pm \varepsilon)$ ist jedoch ein kleiner Winkel von weniger als 30°. Da der erforderliche Drehwinkel weniger als 30° ist, kann noch immer eine ausreichende Lichtleistung erzielt werden, ohne die Lichtleitfaser zu drehen. Die Drehausrichtung hebt die Leistung. Die Drehausrichtung ist einfach, weil der Drehwinkel kleiner als ±30° ist. Ohne die Abweichung x_0 des Laser würden Drehwinkel weit von 180° bis 180° streuen. Ein enger Drehwinkel ist für die Drehausrichtung aufgrund von X_0 ausreichend.

Ausführungsform 4: Behälter-Lasermodul

[0115] Der Laser weicht senkrecht zu einer Trägerfläche ab.

[0116] **Fig.** 16 ist eine Längsschnittdarstellung des Halbleiterlasermoduls einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Ausführungsform **4** von **Fig.** 16 ist die gleiche wie die Ausführungsform 2 von **Fig.** 14 im Gehäuse- und Hülsenteil. Ein Fotodiodenchip **3** wird auf dem Mittenteil einer Bodenfläche des Gehäuses **2** über einen Submount **9** fixiert. Die Mitte der PD fällt mit der Mitte O des Gehäuses **2** zusammen. Ein Träger **6** steht in Richtung senkrecht zu einer Oberseite des Gehäuses **2** in Nachbarschaft zur Mitte des Gehäuses **2** vor.

[0117] Der Laser **1** wird auf einer Seitenfläche des Trägers **6** über einen Submount **8** befestigt. Die Seitenfläche des Trägers **6** ist die XZ-Ebene, und der Laser **1** wird an einer Position befestigt, die von der Mittenlinie S nach links abweicht, indem man ihn auf den dicken Submount **8** setzt. Da der Submount **8** eine Dicke hat, die nahezu gleich x_0 ist, sitzt der Laser **1** an einer Position, die von der Mitte um x_0 abweicht. Tatsächlich gibt es Fehler, so dass der Laser **1** an einer Position fixiert wird, der einem Punkt (x_0, 0) benachbart ist. **Fig.** 16 ist nahezu die gleiche wie **Fig.** 15 bei den anderen Merkmalen.

[0118] Beispiele wirklicher Streuungen von auf einem Gehäuse montierten Lasern.

[0119] Sechzig Muster von Einlöt-Lasermodulen nach **Fig.** 13 wurden hergestellt. Die Schneidwinkel θ der Fasern waren sämtlich 6°. Laserchips wurden auf Gehäusen durch eine Vorrichtung installiert, die eine Zielposition P von (60μm, 0) in den Koordinaten anpeilte, deren Ursprung in der Mitte des Gehäuses liegt. Anschließend wurden die wirklichen Laserpositionen gemessen. Diese Prozeduren wurden bei jedem Muster ausgeführt. **Fig.** 11 zeigt die Positionen (x,y) von Laserchips. Alle Positionen der sechzig Muster liegen also in einem Kreis mit einem Durchmesser von 40μm und einer Mitte (62μm, 0) auf der X-Achse. Die Mitwirkung schließt nicht den Ursprung (0, 0) ein. Alle Laserpunkte liegen rechts von der Mitte, d.h. $x > 0$. Diese Tatsache bedeutet, dass die Drehausrichtung fast unnötig ist. Wenn ein Bereich von ±2dB bei der Faserkopplungsleistung gegeben ist, dann ist eine Drehausrichtung absolut unnötig. Ein höherer Wirkungsgrad kann erreicht werden, indem die Faser lediglich um einen Winkel innerhalb ±40° gedreht wird.

[0120] **Fig.** 12 ist ein Histogramm, das die Verteilung der Lichtkopplungsleistung bei den sechzig Mustern zeigt, die hergestellt worden sind, indem eine Kappe mit einer Linse an dem Gehäuse angebracht wird, die Faser in Z-Richtung ausgerichtet wird und die Faser in der XY-Ebene ausgerichtet wird. Bei allen Mustern wurde keine Drehausrichtung durchgeführt. Die Anzahl der Muster ist 60. Die mittlere Leistung ist 361 μW. Die Standardabweichung ist 53μW. Dieses sind die Messergebnisse der Lichtkopplungsleistung in den endgültigen PD-Modulen. Der Messwert enthält nicht nur die Schwankung der Leistung, die durch die Fehlausrichtung hervorgerufen wird, sondern auch andere Schwankungen, wie beispielsweise der Emissionsleistung von Lasern und so weiter. Die Lichtleistung ist jedoch nicht auf einen schmalen Bereich innerhalb ±1,7dB beschränkt, was einer der Beweise ist, um die hervorragende Ausrichtung bei der vorliegenden Ausführungsform zu zeigen. Die für die Ausrichtung erforderliche Zeit ist so stark vermindert, dass die Herstellungskosten stark herabgesetzt

sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiter-Lasermoduls, das die folgenden Schritte umfasst:
Definieren einer XYZ-Koordinate in einem Gehäuse (**2**), indem ein Punkt auf einer Mittellinie (ST) des Gehäuses als ein Ursprung (O) angenommen wird, Identifizieren einer Ebene, die den Ursprung (O) einschließt und sich parallel zu einer Oberfläche des Gehäuses (**2**) erstreckt, als eine XY-Ebene, und Identifizieren einer mittleren Normalen, die auf dem Mittel-Ursprung (O) vertikal zur Oberfläche des Gehäuses (**2**) steht, als eine Z-Achse;
Berechnen eines Neigungswinkels a zu der Mittellinie (ST) mit einer Gleichung

$$\alpha = \sin^{-1}(n_2 \sin\theta) - \theta,$$

wobei n_2 ein Brechungsindex einer Lichtleitfaser (**5**) ist und θ ein Schrägwinkel einer schräg polierten Endfläche (**10**) der Lichtleitfaser (**5**) mit einer längeren Kante und einer kürzeren Kante ist;
und gekennzeichnet durch:
Berechnen eines Laserabweichungsabstandes $x_0 = a\tan\alpha$ entlang der x-Achse, wobei a ein Abstand zwischen einer Linse (**4**) und einem Laser (**1**) in der Z-Richtung ist;
Fixieren eines Laserdioden-Chips (**1**) an einer Position, die von dem Mittelpunkt (O) des Gehäuses (**2**) um $x_0 = a\tan\alpha$ in der +X-Richtung abweicht, die in der Oberfläche des Gehäuses (**2**) eingeschlossen ist; Installieren einer Linse (**4**) an einem mittleren Punkt, der auf der Mittellinie (ST) liegt und von dem Laser (**1**) in der Z-Richtung um a entfernt ist, in dem Gehäuse (**2**);
Ausrichten der längeren Kante des schräg polierten Endes (**10**) der Lichtleitfaser (**5**) näher zur mittleren Axiallinie (z-Achse) als die kürzere Kante des polierten Endes (**10**);
Positionieren des schräg polierten Endes (**10**) der Lichtleitfaser (**5**) parallel zur Z-Richtung an einem Punkt gehalten, der in der Z-Richtung um b = ma von der Linse (**4**) entfernt ist und von der Z-Achse um $-mx_0$ in der -X-Richtung abweicht, die eine zur Abweichung des Laserchips (**1**) von der Z-Achse entgegengesetzte Richtung ist, wobei m ein Vergrößerungsfaktor der Linse (**4**) ist;
Finden eines Punktes, mit dem die höchste Kupplungsgüte erreicht wird, indem das Ende (**10**) der Lichtleitfaser (**5**) in der XY-Ebene bewegt wird; und Fixieren der Lichtleitfaser (**5**) an dem Gehäuse (**2**) an dem Punkt, an dem die Kopplungsgüte einen Maximalwert hat.

2. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterlaser-Moduls nach Anspruch 1, wobei ein Träger (**6**) mit einer sich in ZX-Richtung erstreckenden Seitenfläche an einer sich in XY-Richtung erstreckenden Fläche des Gehäuses (**2**) ausgebildet wird und der Laserchip (**1**) an einem Punkt an der sich in ZX-Richtung erstreckenden Seitenfläche des Trägers (**6**) über eine Hilfshalterung (**8**) befestigt wird und die Position des Lasers (**1**) um $x_0 = a\tan\alpha$ in der +X-Richtung von der Z-Achse abweicht, die die Mittellinie ist, die auf dem Mittelpunkt der sich in XY-Richtung erstreckenden Gehäusefläche steht.

3. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterlaser-Moduls nach Anspruch 1, wobei ein Träger (**6**) mit einer sich in ZY-Richtung erstreckenden Seitenfläche, die den Ursprung (O) einschließt, an einer sich in XY-Richtung erstreckenden Fläche des Gehäuses (**2**) ausgebildet wird und der Laserchip (**1**) an der sich in ZY-Richtung erstreckenden Seitenfläche des Trägers (**6**) über eine Hilfshalterung (**8**) fixiert ist, die eine große Dicke hat, die nahezu x_0 entspricht, und der Laser (**1**) an einer Position fixiert wird, die um eine Position abweicht, die um $x_3 = a\tan\alpha$ in der X-Richtung von der z-Achse abweicht, die die Mittellinie (ST) ist, die auf dem Mittelpunkt der sich in XY-Richtung erstreckenden Gehäusefläche steht.

4. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterlaser-Moduls nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der schräg geschnittene Winkel θ der Endfläche (**10**) der Faser (**5**) im Bereich zwischen 4° und 10° liegt.

5. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterlaser-Moduls nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Linse (**4**) eine Kugellinse ist.

6. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterlaser-Moduls nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Vergrößerungsgrad der Linse (**4**) beim Abbilden des Laserchips (**1**) auf der Endfläche (**10**) der Lichtleitfaser (**5**) 1 zu 3 beträgt.

7. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterlaser-Moduls nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei keine Drehausrichtung der Lichtleitfaser (**5**) stattfindet.

8. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterlaser-Moduls nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Lichtleitfaser durch Drehausrichtung um einen Drehwinkel von weniger als 90° ausgerichtet wird.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

STAND DER TECHNIK

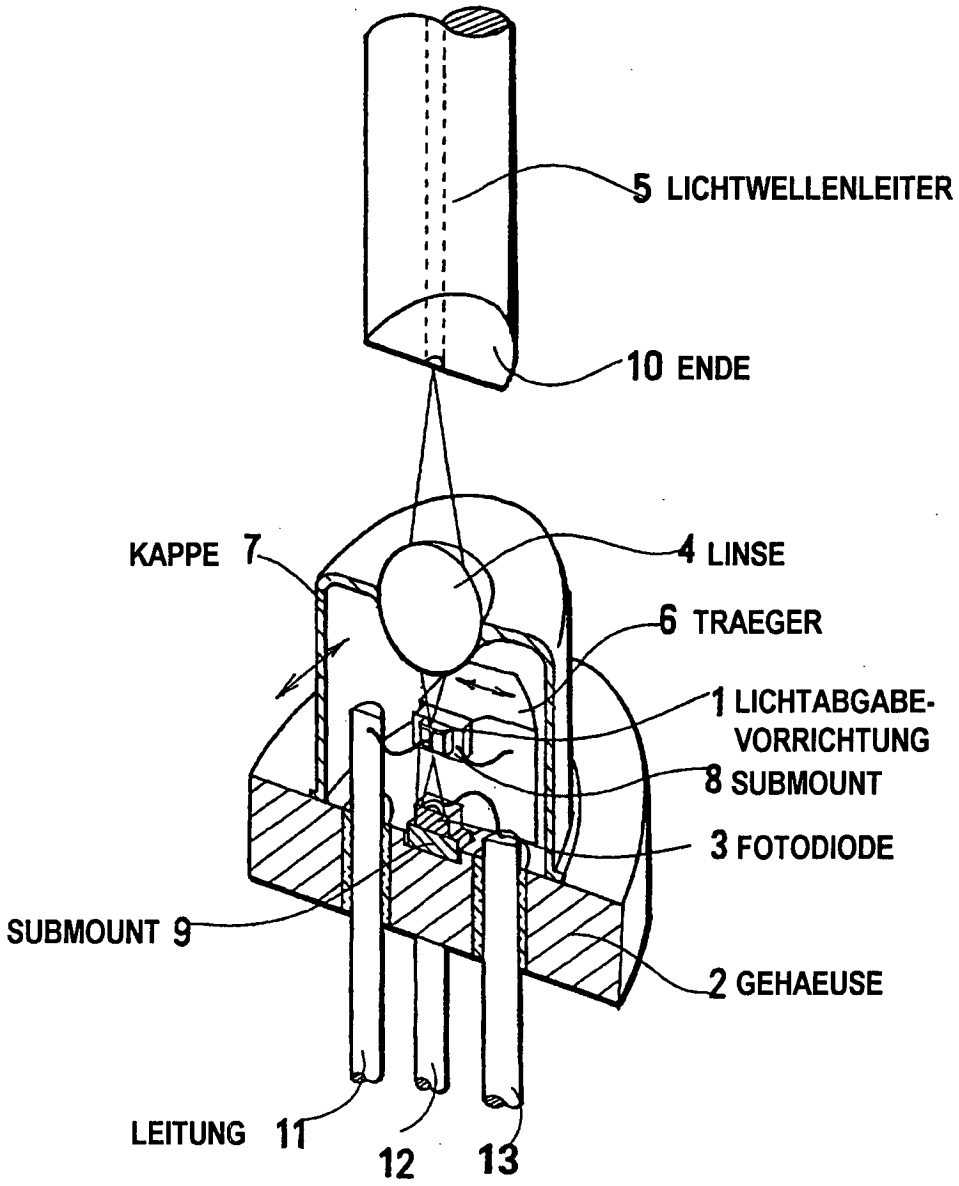


Fig. 2

STAND DER TECHNIK

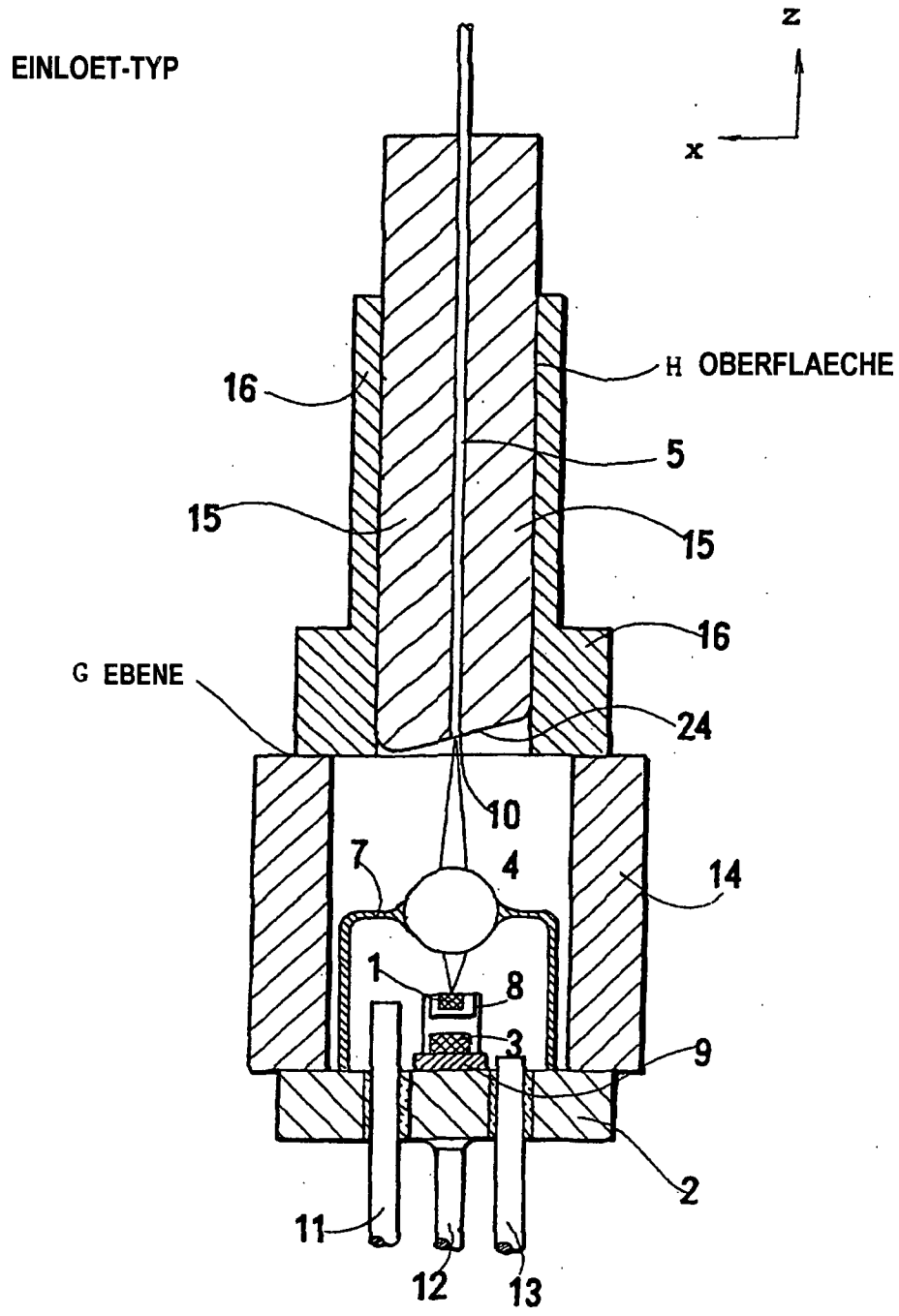


Fig. 3

STAND DER TECHNIK

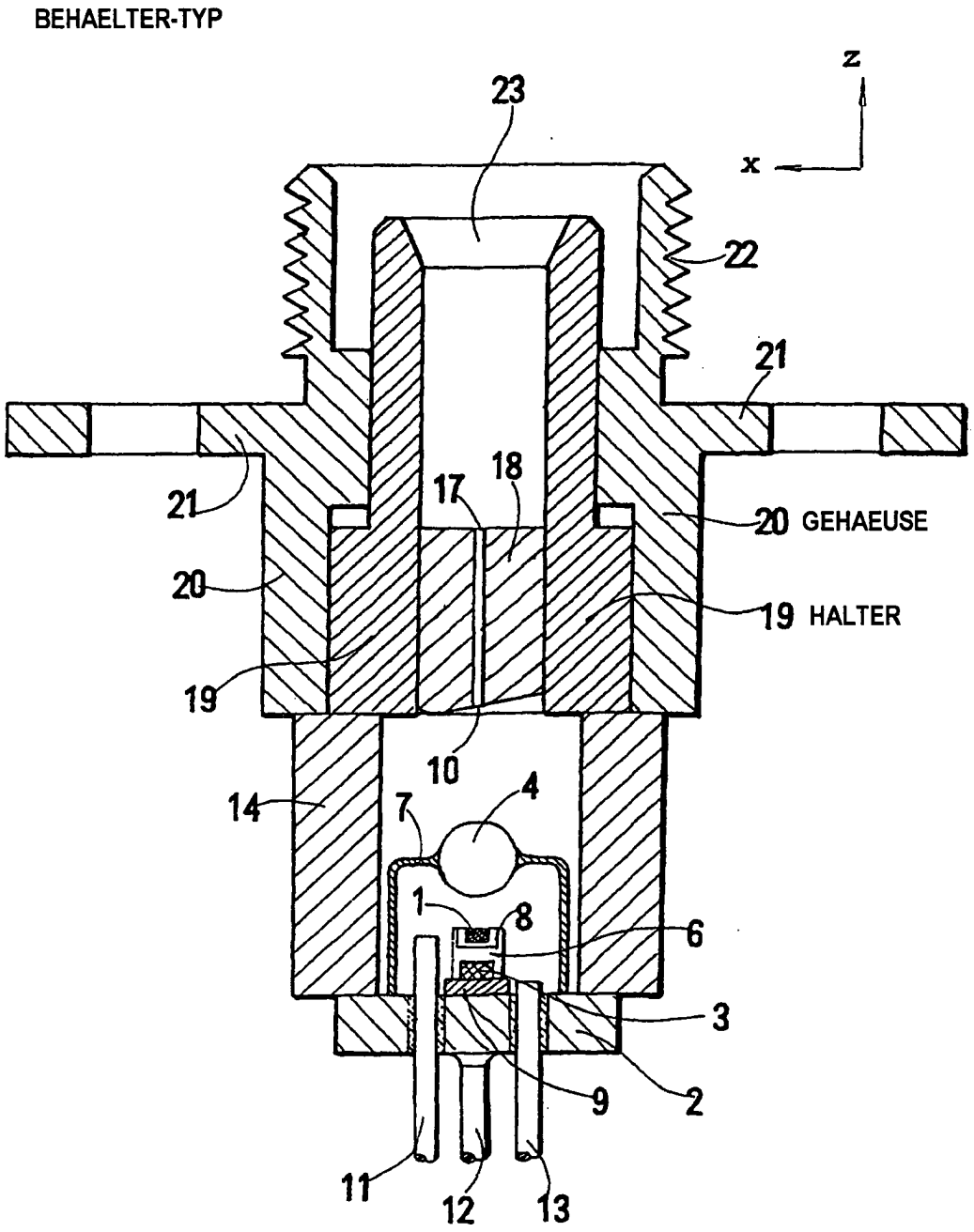


Fig.4

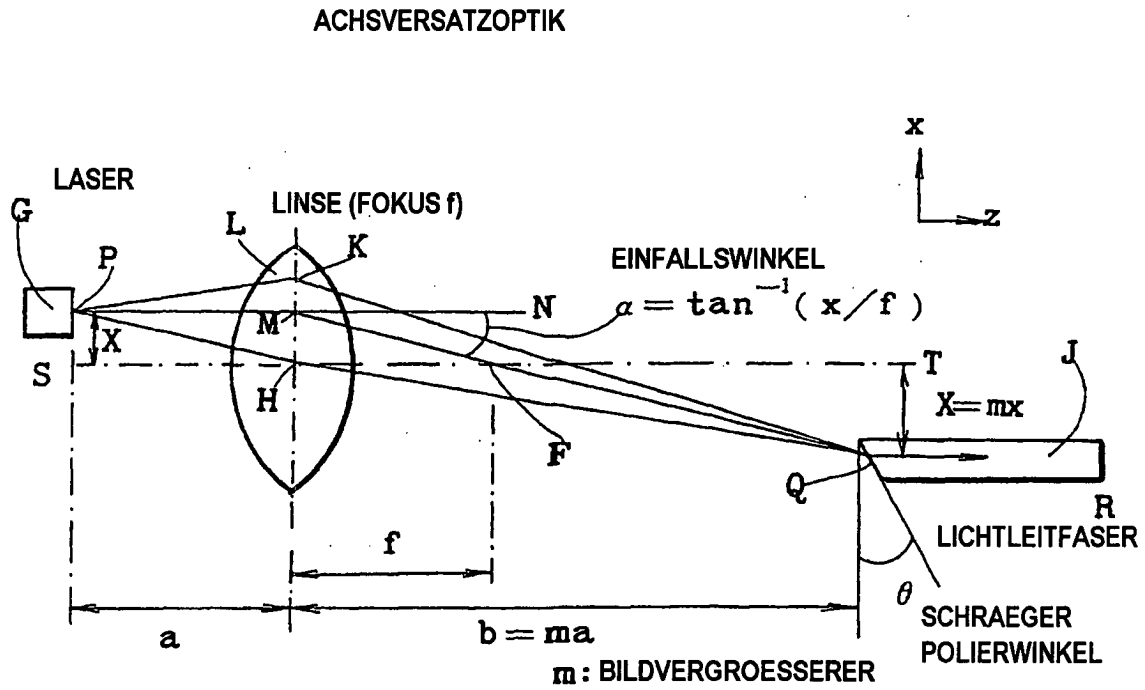

ACHSVERSATZOPTIK
x
z
LASER
G
LINSE (FOKUS f)
L
K
P
EINFALLSWINKEL
N
$\alpha = \tan^{-1}(x/f)$
M
X
S
H
T
J
X=mx
F
Q
R
LICHTLEITFASER
f
θ
SCHRAEGER
POLIERWINKEL
a
b=ma
m: BILDVERGROESSERER

Fig.5

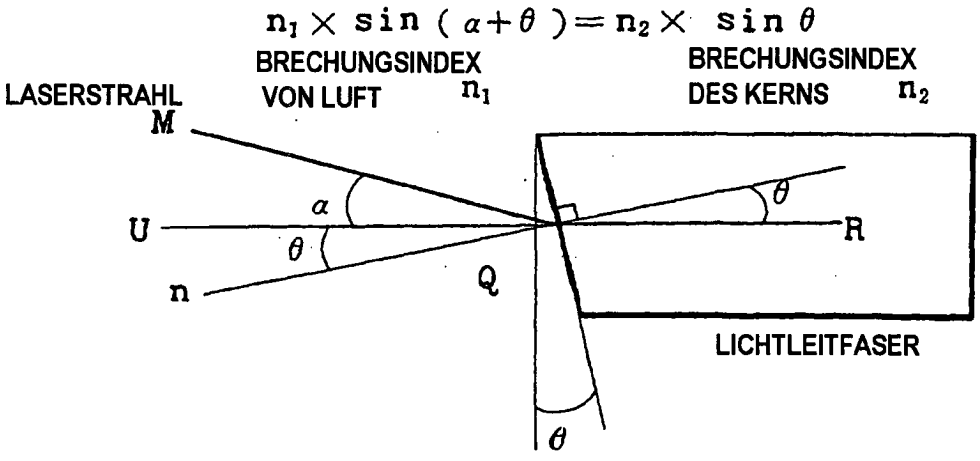

$n_1 \times \sin(\alpha+\theta) = n_2 \times \sin\theta$
LASERSTRAHL
BRECHUNGSINDEX
VON LUFT n_1
BRECHUNGSINDEX
DES KERNS n_2
M
α
U
θ
n
Q
θ
R
LICHTLEITFASER
θ

Fig. 6

ACHSVERSATZOPTIK, GESEHEN VON DER FASER

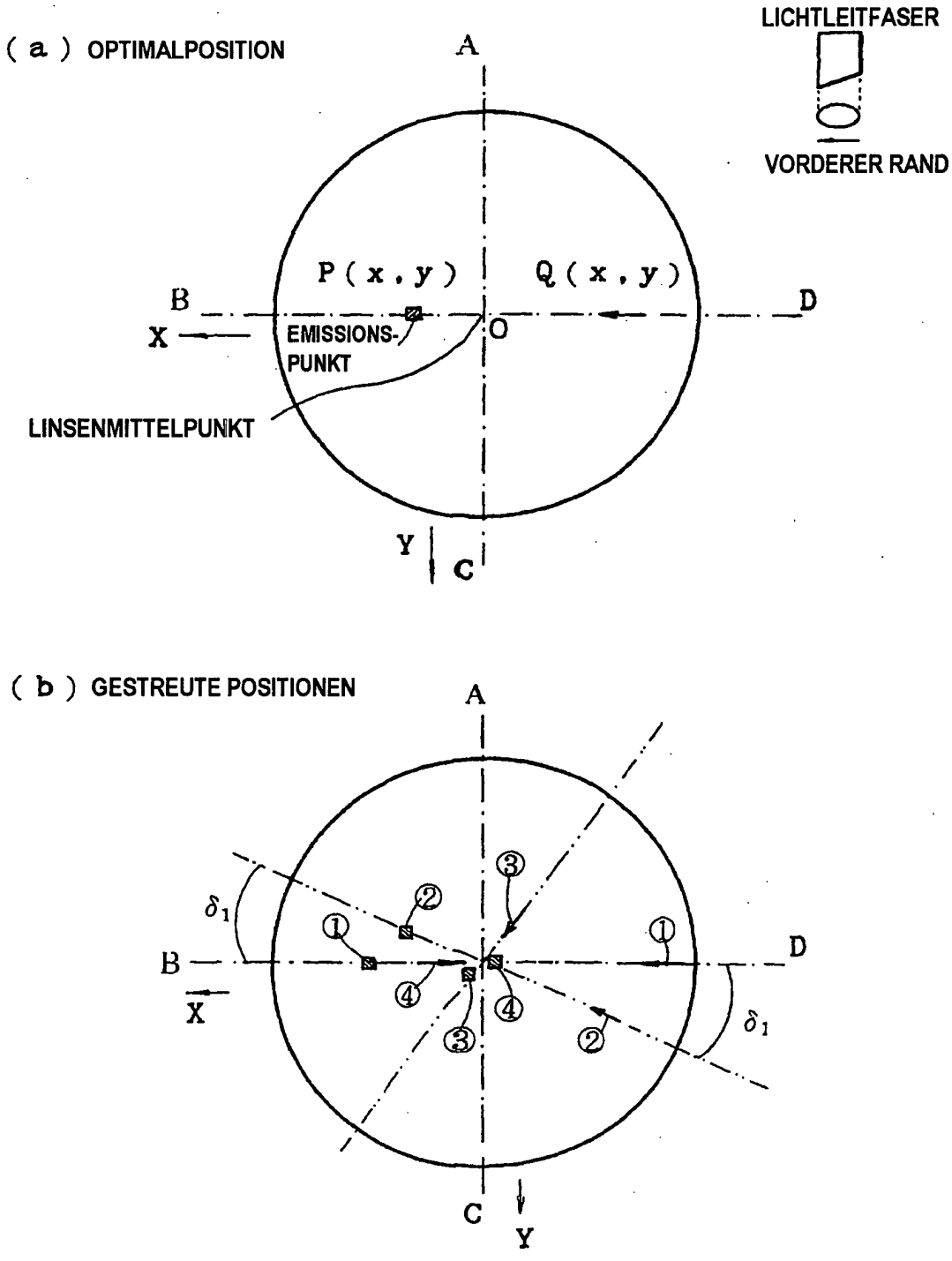


Fig.7

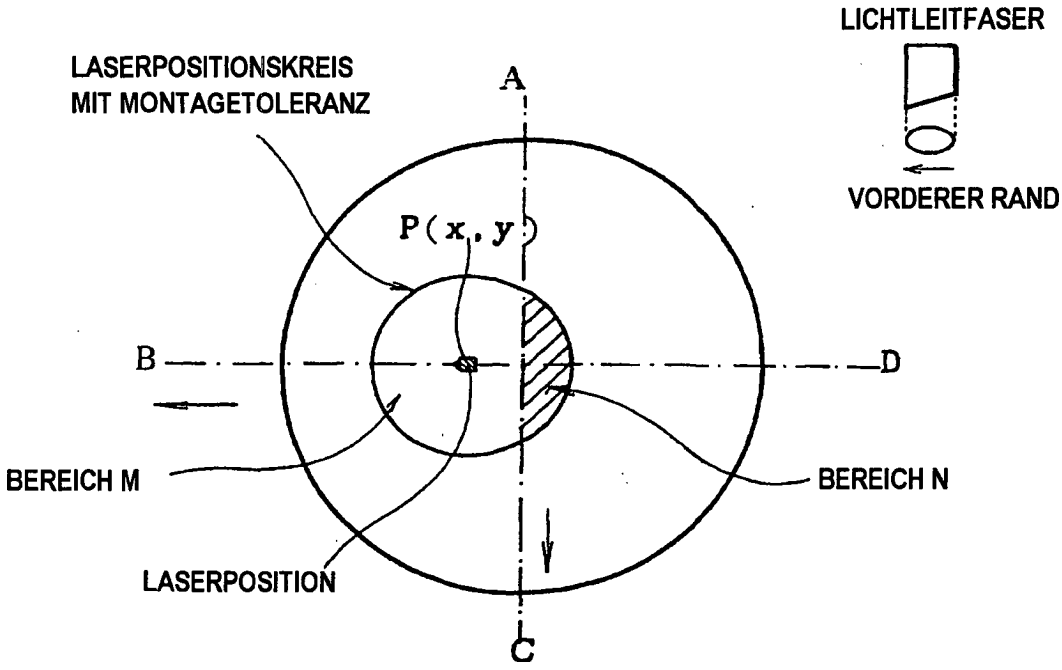

LICHTLEITFASER
VORDERER RAND
LASERPOSITIONSKREIS
MIT MONTAGETOLERANZ
A
P(x, y)
B
D
BEREICH M
BEREICH N
LASERPOSITION
C

Fig.8

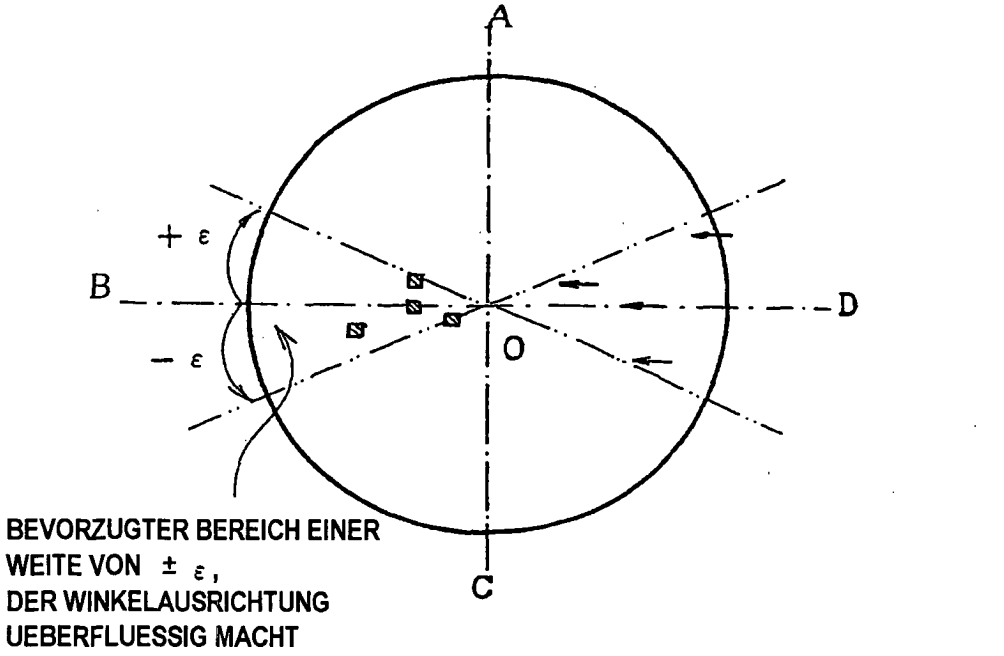

A
+ ε
B
D
O
− ε
C
BEVORZUGTER BEREICH EINER
WEITE VON ± ε,
DER WINKELAUSRICHTUNG
UEBERFLUESSIG MACHT

Fig.9

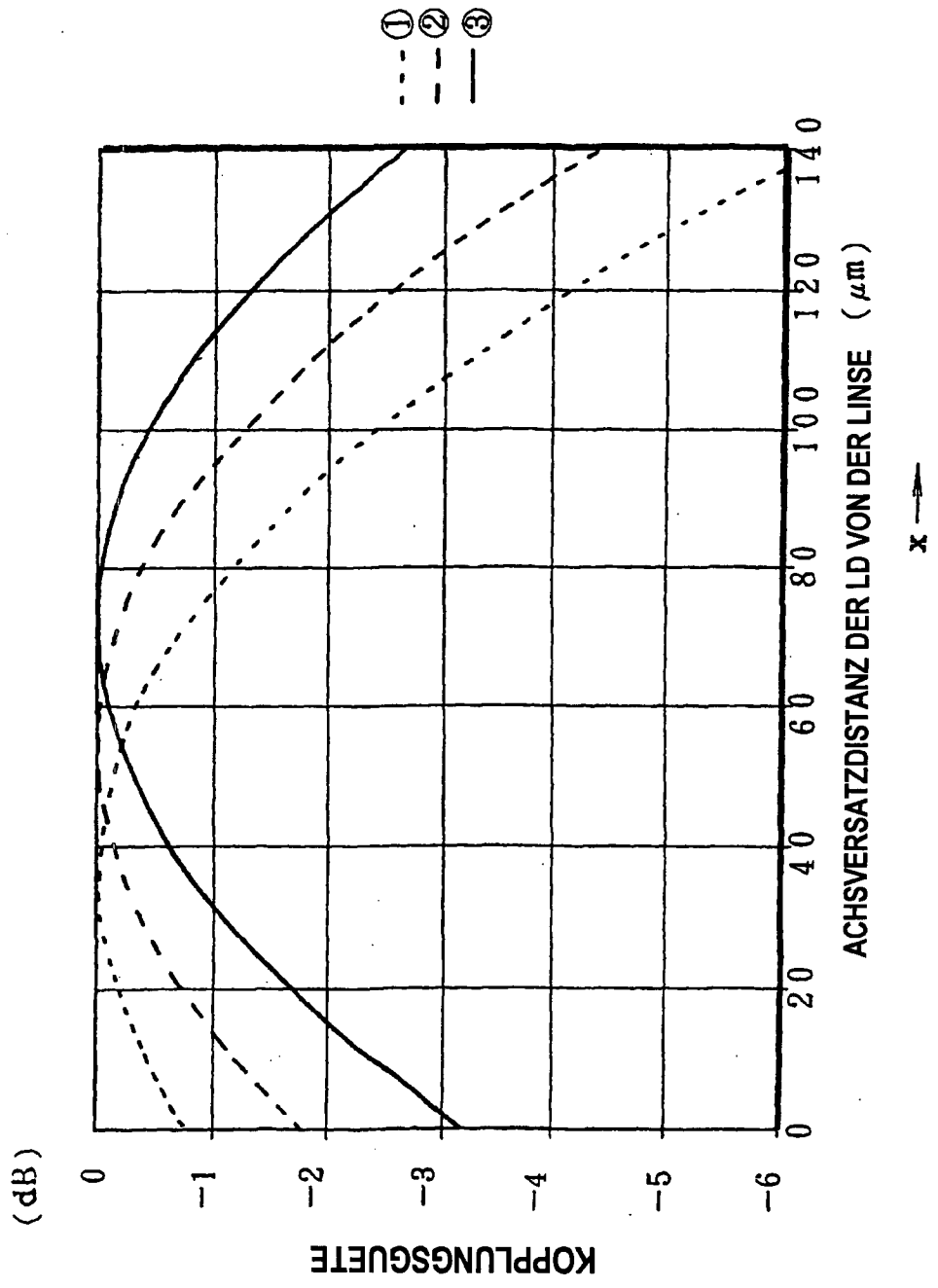
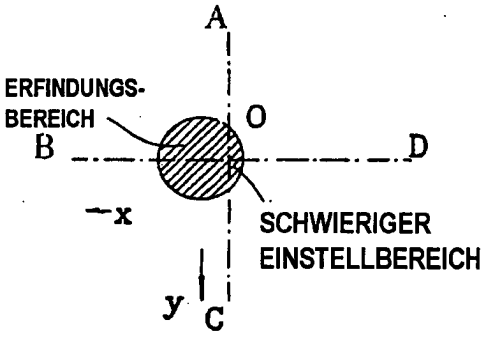

①
②
③
KOPPLUNGSGUETE
(dB)
0
−1
−2
−3
−4
−5
−6
0
20
40
60
80
100
120
140
ACHSVERSATZDISTANZ DER LD VON DER LINSE (μm)
x

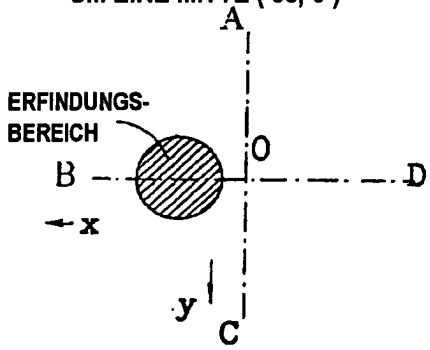
Fig. 10

ZULAESSIGE ACHSVERSATZBEREICHE VON LD IN ABHAENGIGKEIT VOM SCHRAEGEN SCHNITTWINKEL DER FASER

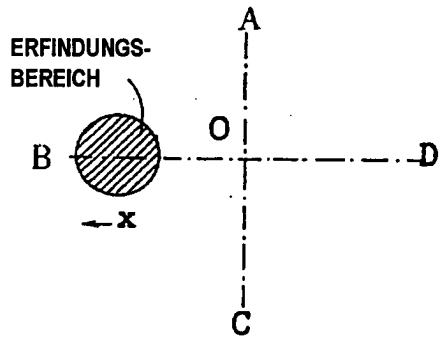
① 40 μm KREISRADIUS
UM EINE MITTE (36, 0)



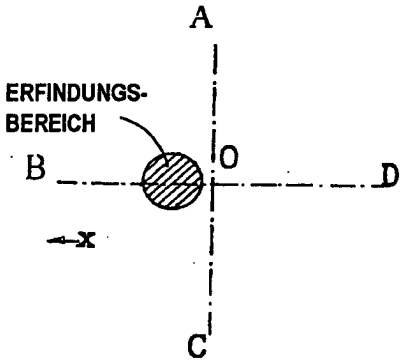
② 40 μm KREISRADIUS
UM EINE MITTE (55, 0)



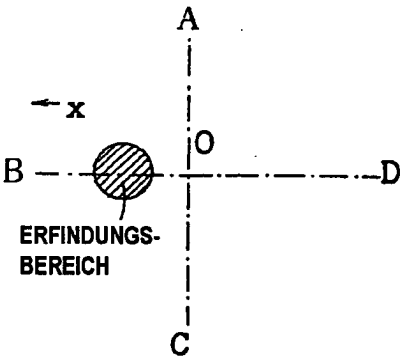
③ 40 μm KREISRADIUS
UM EINE MITTE (72, 0)



④ 29 μm KREISRADIUS
UM EINE MITTE (36, 0)



⑤ 29 μm KREISRADIUS
UM EINE MITTE (55, 0)



⑥ 29 μm KREISRADIUS
UM EINE MITTE (72, 0)

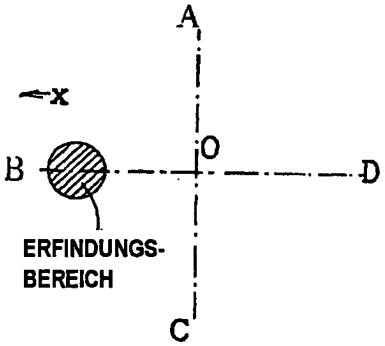


Fig. 11

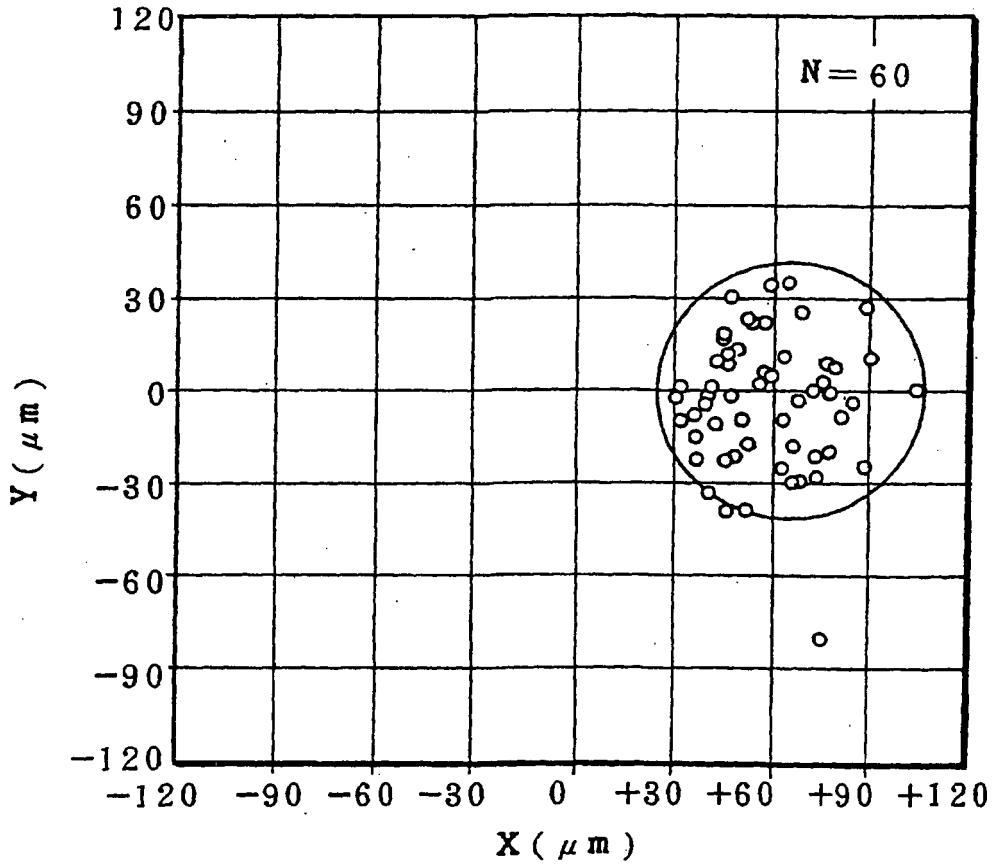


Fig. 12

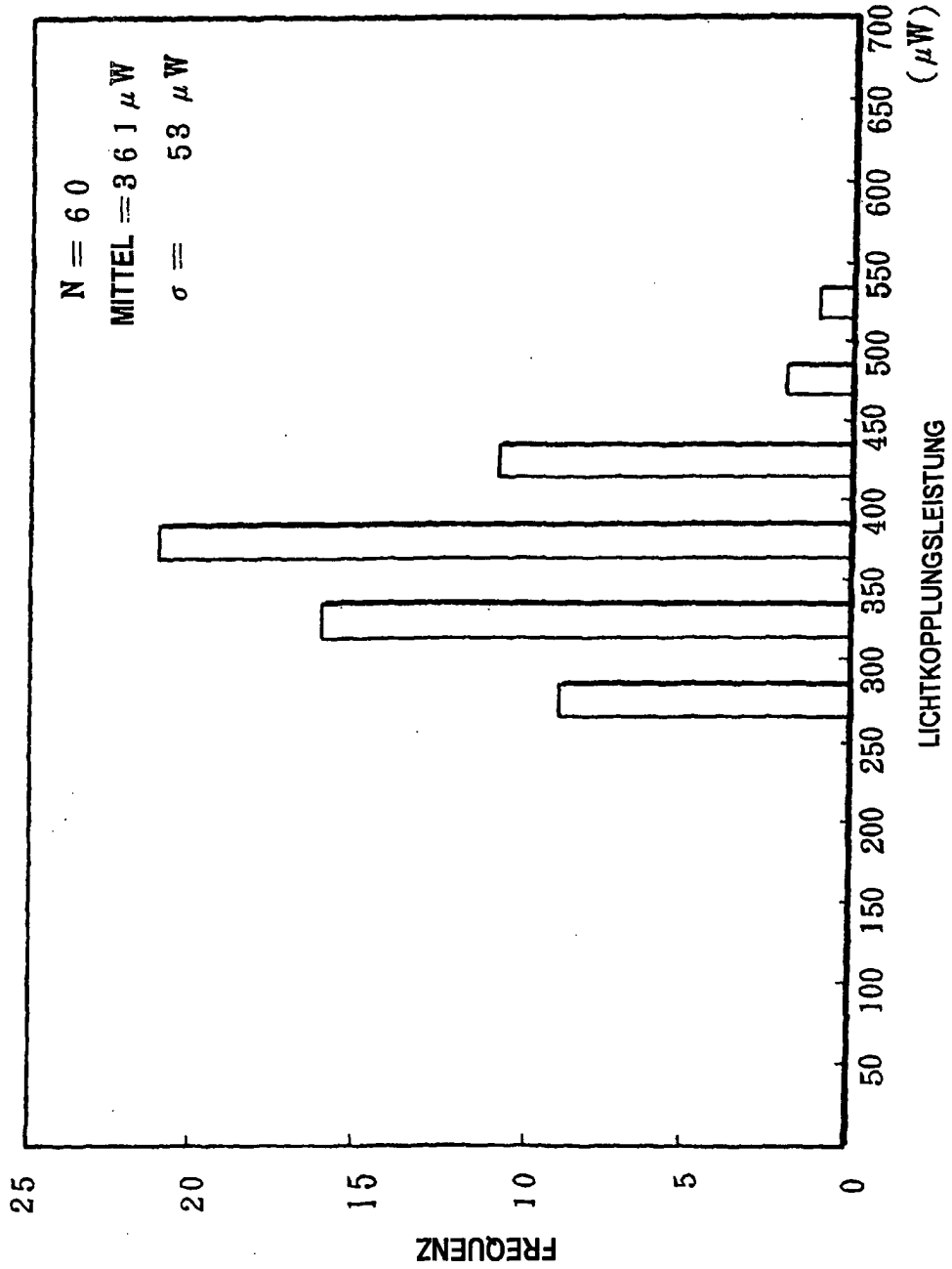

N = 60
MITTEL = 361 μW
σ = 53 μW
FREQUENZ
0
5
10
15
20
25
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
(μW)
LICHTKOPPLUNGSLEISTUNG

Fig. 13

EINLOET-TYP

AUSFUEHRUNGSFORM 1

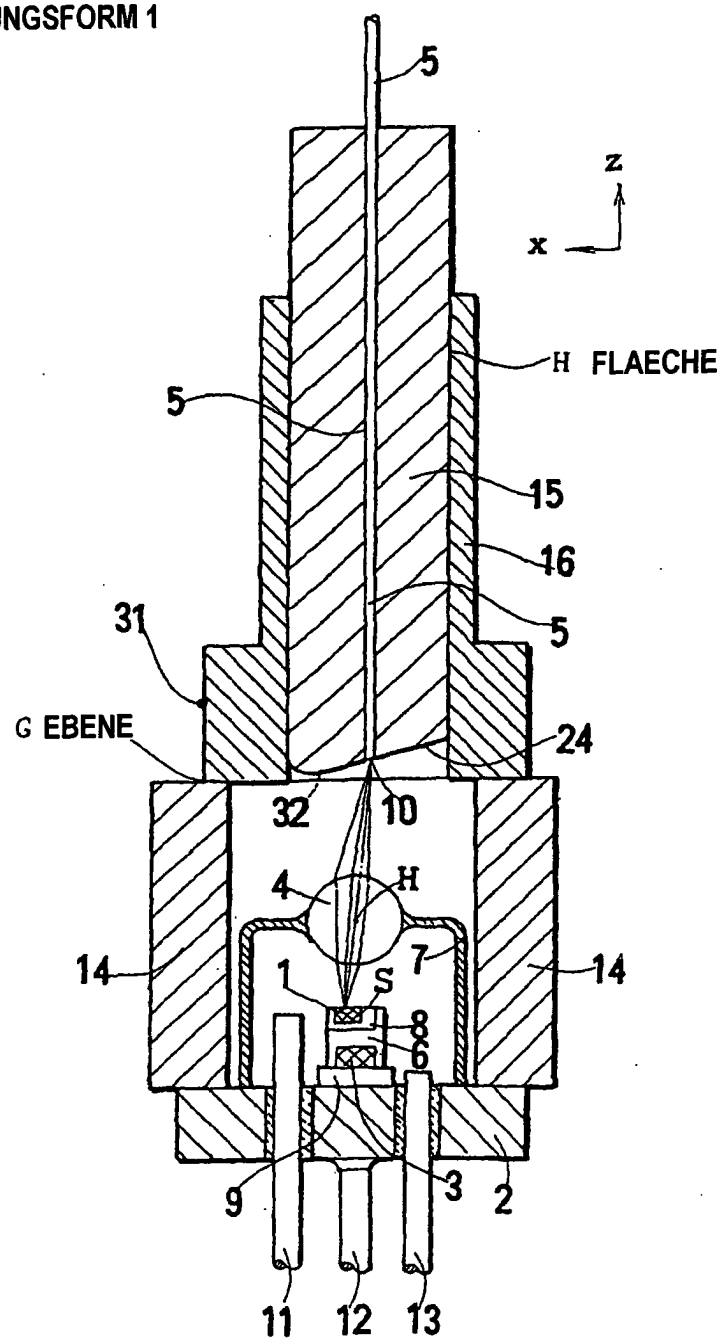


Fig. 14

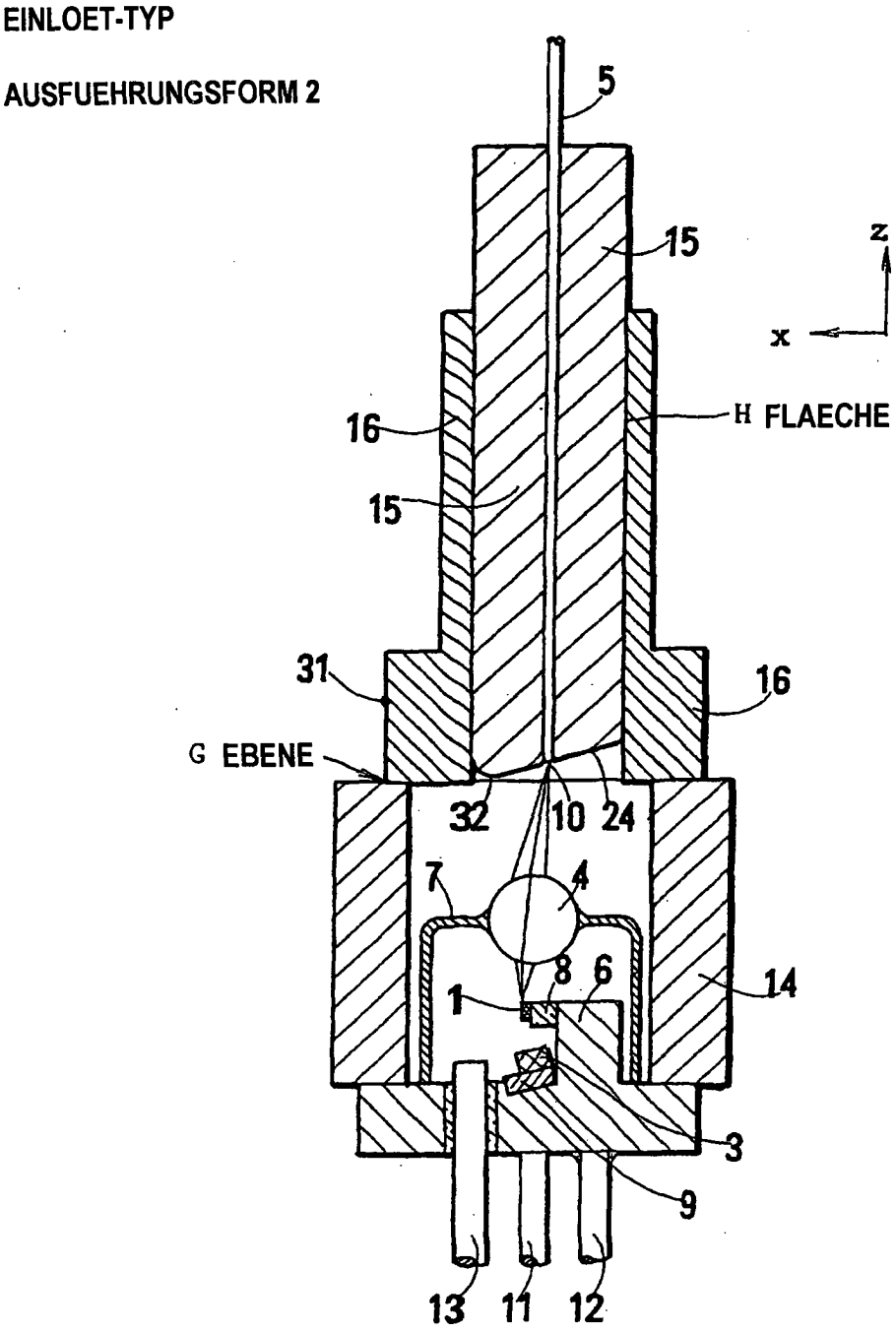

EINLOET-TYP
AUSFUEHRUNGSFORM 2
5
15
z
x
16
H FLAECHE
15
31
16
G EBENE
32
10
24
7
4
8
6
1
14
3
9
13
11
12

Fig. 15

BEHAELTER-TYP

AUSFUEHRUNGSFORM 3

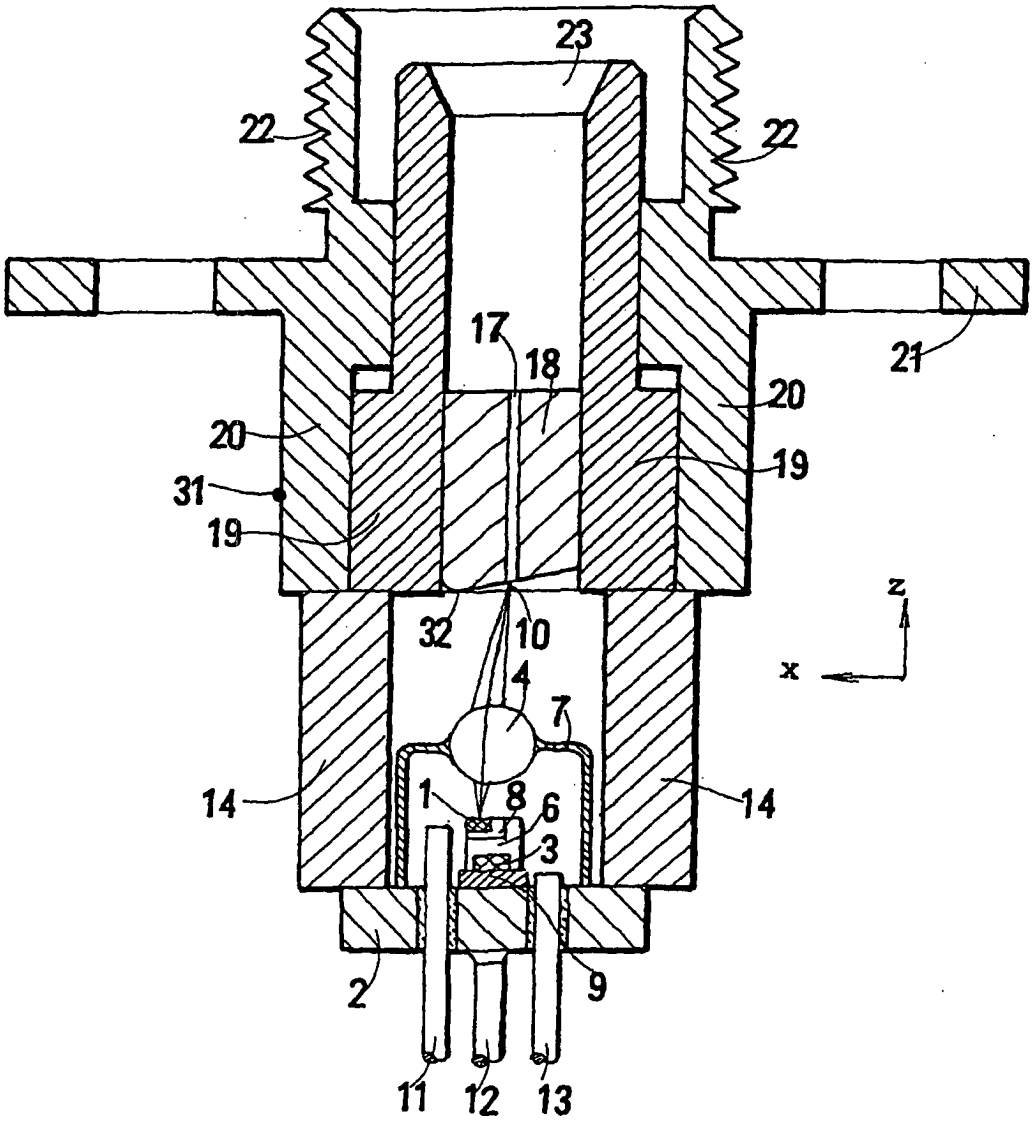


Fig. 16

BEHAELTER-TYP

AUSFUEHRUNGSFORM 4

