



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2015/046160**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2014 004 501.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2014/075120**
(86) PCT-Anmeldetag: **22.09.2014**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **02.04.2015**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **21.07.2016**

(51) Int Cl.: **H01S 3/0941 (2006.01)**
G02B 6/42 (2006.01)
H01S 5/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2013-203675 30.09.2013 JP

(74) Vertreter:
Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE

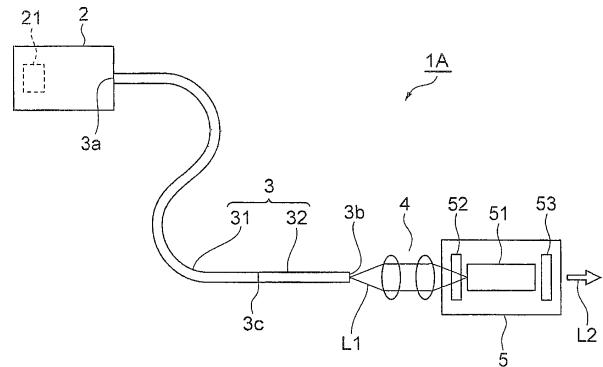
(71) Anmelder:
Hamamatsu Photonics K.K., Hamamatsu-shi, Shizuoka, JP

(72) Erfinder:
Sakai, Hiroshi, Hamamatsu-shi, Shizuoka, JP; Fukuoka, Hirotake, Hamamatsu-shi, Shizuoka, JP; Suzuki, Noriyasu, Hamamatsu-shi, Shizuoka, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Laservorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine Laservorrichtung 1A beinhaltet einen Halbleiterlaser 21, bei dem es sich um eine Lichtquelle handelt, die ein Licht L1 emittiert, einen Lichtwellenleiter 3, in den das von dem Halbleiterlaser 21 emittierte Licht L1 eintritt, der dieses leitet und aus dem dieses austritt, und einen optischen Resonator 5, der ein Lasermedium 51 aufweist, in das das Licht L1 eintritt, das aus dem Lichtwellenleiter 3 austritt, und der ein Laserlicht L2 emittiert. Der Lichtwellenleiter 3 weist eine GI-Faser 31, die einen Teil auf einer Lichteintrittsseite bildet, und eine SI-Faser 32 auf, die mit der GI-Faser 31 verbunden ist und einen Teil auf einer Lichtaustrittsseite bildet. Dementsprechend wird die Laservorrichtung erzielt, mit der es möglich ist, ein Laserlicht mit einer stabilen und ausreichenden Leistung zu erzielen.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht auf eine Laservorrichtung.

Hintergrund der Technik

[0002] Es ist eine herkömmliche Laservorrichtung bekannt, die mit einer Lichtquelle, die Licht emittiert, einem Lichtwellenleiter, der das von der Lichtquelle emittierte Licht leitet und aus dem dieses austritt, und einem Laseroszillator ausgestattet ist, der bewirkt, dass das Licht, das aus dem Lichtwellenleiter austritt, in ein Lasermedium eintritt, und ein Laserlicht emittiert (siehe zum Beispiel die Patentliteraturen 1 und 2 und die Nicht-patentliteraturen 1 und 2).

Liste der Zitate

Patentliteratur

[0003]

Patentliteratur 1: Japanische Patentanmeldungs-Offenlegungsschrift Nr. H7-106.665

Patentliteratur 2: Japanische Patentanmeldungs-Offenlegungsschrift Nr. 2011-127.529

Nichtpatentliteratur

[0004]

Nichtpatentliteratur 1: A. Agnesi, E. Piccinini, G. C. Reali und C. Solcia, „Efficient all-solid-state tunable source based an a passively Q-switched high-power Nd:YAG laser”, Appl. Phys. B65, S. 303 bis 305 (1997)
Nichtpatentliteratur 2: H. Sakai, H. Kan und T. Taira, „> 1 MW peak power single-mode high-brightness passively Q-switched Nd3+:YAG microchip laser”, Opt. Express Bd. 16 Nr. 24, S. 19.891 bis 19.899 (2008)

Übersicht über die Erfindung

Technisches Problem

[0005] Hier wird bei der oben beschriebenen Laservorrichtung in einigen Fällen eine Leistung des Laserlichts unbeständig, oder die Leistung des Laserlichts wird verringert.

[0006] Dementsprechend besteht ein Ziel der vorliegenden Erfindung darin, eine Laservorrichtung bereitzustellen, mit der es möglich ist, ein Laserlicht mit einer stabilen und ausreichenden Leistung zu erzielen.

Lösung des Problems

[0007] Als Ergebnis umfangreicher Untersuchungen zum Erreichen des oben beschriebenen Ziels haben die vorliegenden Erfinder festgestellt, dass ein Phänomen, dass die Leistung des Laserlichts instabil wird oder die Leistung des Laserlichts verringert wird, das bei der herkömmlichen Laservorrichtung zu beobachten ist, durch eine Eigenschaft des Lichtwellenleiters verursacht wird, der das Licht von der Lichtquelle zu dem Lasermedium leitet.

[0008] Als Lichtwellenleiter, der das Licht von der Lichtquelle zu dem Lasermedium leitet, ist eine SI(Stufenindex)-Faser oder eine GI(Gradientenindex)-Faser allgemein gebräuchlich. Die SI-Faser weist einen Kern mit einem festen Brechungsindex auf, und ein Strahlprofil des Lichts, das geleitet wird, weist dadurch tendenziell eine Top-Hat-Form auf. Wenn das Strahlprofil des Lichts, das in das Lasermedium eingespeist wird, die Top-Hat-Form aufweist, ist die Leistung des Laserlichts, das von dem Laseroszillator emittiert wird, tendenziell ausreichend.

[0009] Die SI-Faser weist jedoch den Kern mit dem festen Brechungsindex auf, und eine Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts unterscheidet sich zwischen der Mitte des Kerns und um den Kern herum, wodurch die Leistung des Lichts, das geleitet wird, empfindlich gegenüber einer Formänderung der Faser ist und tendenziell instabil ist. Wenn die Leistung des Lichts, das in das Lasermedium eingespeist wird, instabil ist, wird die Leistung des Laserlichts, das von dem Laseroszillator emittiert wird, tendenziell ebenfalls instabil. In einem

Fall, in dem die SI-Faser als Lichtwellenleiter verwendet wird, der das Licht von der Lichtquelle zu dem Lasermedium leitet, während die Leistung des Laserlichts, das von dem Laseroszillator emittiert wird, tendenziell ausreichend ist, ist die Leistung daher tendenziell instabil.

[0010] Die GI-Faser weist demgegenüber einen Kern mit einem nichtfesten Brechungsindex auf, und eine Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts ist in der Mitte des Kerns und um den Kern herum identisch, wodurch die Leistung des Lichts, das geleitet wird, unempfindlich gegenüber der Formänderung der Faser ist und tendenziell stabil ist. Wenn die Leistung des Lichts, das in das Lasermedium eingespeist wird, stabil ist, ist die Leistung des Laserlichts, das von dem Laseroszillator emittiert wird, tendenziell ebenfalls stabil.

[0011] Die GI-Faser weist jedoch den Kern mit dem nichtfesten Brechungsindex auf, und ein Strahlprofil des Lichts, das geleitet wird, bildet eine Gauß'sche Wellenform aus. Wenn das Strahlprofil des Lichts, das in das Lasermedium eingespeist wird, die Gauß'sche Wellenform aufweist, sinkt tendenziell die Leistung des Laserlichts, das von dem Laseroszillator emittiert wird. In einem Fall, in dem die GI-Faser als Lichtwellenleiter verwendet wird, der das Licht von der Lichtquelle zu dem Lasermedium leitet, während die Leistung des Laserlichts, das von dem Laseroszillator emittiert wird, tendenziell stabil ist, sinkt die Leistung daher tendenziell.

[0012] In einem Fall, in dem entweder die SI-Faser oder die GI-Faser als Lichtwellenleiter verwendet wird, der das Licht von der Lichtquelle zu dem Lasermedium leitet, ist es daher schwierig das Laserlicht mit einer stabilen und ausreichenden Leistung zu erzielen. Auf Grundlage dieser Erkenntnis haben die vorliegenden Erfinder weitere Untersuchungen durchgeführt und haben die vorliegende Erfindung erzielt.

[0013] Das heißt, eine Laservorrichtung der vorliegenden Erfindung beinhaltet eine Lichtquelle, die Licht emittiert; einen Lichtwellenleiter, in den das Licht eingespeist wird, das von der Lichtquelle emittiert wird, wobei der Lichtwellenleiter das Licht leitet und ausgibt; einen Laseroszillator, der ein Lasermedium aufweist, in das das Licht eingespeist wird, das aus dem Lichtwellenleiter austritt, und der Laserlicht emittiert, und der Lichtwellenleiter beinhaltet eine GI-Faser, die einen Teil auf einer Lichteintrittsseite bildet; und eine SI-Faser, die mit der GI-Faser verbunden ist und einen Teil auf einer Lichtaustrittsseite bildet.

[0014] Bei der Laservorrichtung wird ein Teil des Lichtwellenleiters auf einer Lichteintrittsseite, auf der Licht eingespeist wird, das von der Lichtquelle emittiert wird, durch die GI-Faser gebildet, wodurch in diesem Teil die Leistung des Lichts, das geleitet wird, unempfindlich gegenüber der Formänderung der Faser ist und tendenziell stabil ist. Des Weiteren wird ein Teil des Lichtwellenleiters auf einer Lichtaustrittsseite, auf der das Licht, das geleitet wird, austritt, durch die SI-Faser gebildet, wodurch das Strahlprofil des Lichts, das aus dem Lichtwellenleiter austritt, tendenziell die Top-Hat-Form aufweist. Aus diesem Grund weist das Licht, das in das Lasermedium eingespeist wird, tendenziell die stabile Leistung auf, und das Strahlprofil davon weist tendenziell die Top-Hat-Form auf. Durch Verwenden dieser Laservorrichtung ist es daher möglich, das Laserlicht mit einer stabilen und ausreichenden Leistung zu erzielen.

Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

[0015] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, die Laservorrichtung bereitzustellen, mit der es möglich ist, das Laserlicht mit einer stabilen und ausreichenden Leistung zu erzielen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] **Fig. 1** ist ein Aufbauschaubild einer Laservorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform.

[0017] **Fig. 2** ist ein Aufbauschaubild eines Fixierungswerkzeugs einer SI-Faser der Laservorrichtung in **Fig. 1**.

[0018] **Fig. 3** ist ein Aufbauschaubild eines weiteren beispielhaften Fixierungswerkzeugs der SI-Faser der Laservorrichtung in **Fig. 1**.

[0019] **Fig. 4** ist ein Aufbauschaubild eines weiteren beispielhaften Fixierungswerkzeugs der SI-Faser der Laservorrichtung in **Fig. 1**.

[0020] **Fig. 5** ist eine schematische Ansicht eines Bewertungsverfahrens zum Bewerten eines Einflusses einer Formänderung eines Lichtwellenleiters.

[0021] **Fig.** 6 ist ein Graph, der ein Ergebnis eines Bewertens des Einflusses der Formänderung des Lichtwellenleiters veranschaulicht.

[0022] **Fig.** 7 ist ein Aufbauschaubild einer Laservorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0023] Im Folgenden wird eine Ausführungsform einer Laservorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ausführlich unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. In jeder der Zeichnungen werden dieselben oder gleichwertige Teile durch dieselben Bezugszeichen gekennzeichnet, und eine überflüssige Beschreibung wird daher weggelassen.

[Erste Ausführungsform]

[0024] **Fig.** 1 ist ein Aufbauschaubild einer Laservorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform. Wie in **Fig.** 1 veranschaulicht, ist eine Laservorrichtung **1A** mit einer Halbleiter-Lasereinrichtung **2**, einem Lichtwellenleiter **3**, einem optischen System **4** und einem optischen Resonator (Laseroszillator) **5** ausgestattet. Die Halbleiter-Lasereinrichtung **2** beinhaltet einen Halbleiterlaser **21** und ein optisches System, das ein Anregungslicht L1 bündelt, das von dem Halbleiterlaser **21** an einer Eintrittsstirnfläche **3a** des Lichtwellenleiters **3** emittiert wird. In die Eintrittsstirnfläche **3a** des Lichtwellenleiters **3** wird das Anregungslicht L1 eingespeist, das von dem Halbleiterlaser **21** emittiert wird, bei dem es sich um eine Lichtquelle handelt. Der Lichtwellenleiter **3** leitet das Anregungslicht L1, das von der Eintrittsstirnfläche **3a** aus eingespeist worden ist, und gibt das Anregungslicht aus einer Austrittsstirnfläche **3b** aus.

[0025] Der Lichtwellenleiter **3** beinhaltet eine GI-Faser **31**, die einen Teil davon auf einer Lichteintrittsseite (einen Teil von der Eintrittsstirnfläche **3a** bis zu einem vorgegebenen Abschnitt **3c** des Lichtwellenleiters **3**) bildet, und eine SI-Faser **32**, die einen Teil davon auf einer Lichtaustrittsseite (einen Teil von der Austrittsstirnfläche **3b** bis zu dem vorgegebenen Abschnitt **3c**) bildet. Die GI-Faser **31** und die SI-Faser **32** sind durch eine Schmelzverbindung oder dergleichen an dem vorgegebenen Abschnitt **3c** miteinander verbunden. Bevorzugt ist eine Länge der GI-Faser **31** größer als eine Länge der SI-Faser **32**. Als beispielhafte Länge jeder der Fasern **31** und **32** beträgt die Länge der GI-Faser **31** zum Beispiel 15 cm oder mehr, und die Länge der SI-Faser **32** beträgt zum Beispiel 15 cm oder weniger.

[0026] Bevorzugt werden jeweils bei der GI-Faser **31** und der SI-Faser **32** ein Kerndurchmesser und eine numerische Apertur wie im Folgenden festgelegt, um einen Ausbreitungsverlust des Lichts an einer Verbindungsfläche zu unterdrücken. Das heißt, wenn der Kerndurchmesser der GI-Faser **31** auf Φ_{GI} festgelegt wird, die numerische Apertur der GI-Faser **31** auf NA_{GI} festgelegt wird, der Kerndurchmesser der SI-Faser **32** auf Φ_{SI} festgelegt wird und die numerische Apertur der SI-Faser **32** auf NA_{SI} festgelegt wird, genügen die Fasern **31** und **32** bevorzugt der folgenden Formel (1), wenn gilt $NA_{GI} > NA_{SI}$, und genügen der folgenden Formel (2), wenn gilt $NA_{GI} < NA_{SI}$.

$$2\Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI}) \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI}) \quad (1)$$

$$2\Phi_{GI} \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI} \quad (2)$$

[0027] Bei dem optischen System **4** handelt es sich um ein Kondensorsystem, das das Anregungslicht L1, das aus der Austrittsstirnfläche **3b** des Lichtwellenleiters **3** ausgetreten ist, an dem optischen Resonator **5** bündelt. Der optische Resonator **5** weist ein Lasermedium **51** sowie einen Totalreflexionsspiegel **52** und einen teildurchlässigen Spiegel **53** auf, die einander zugewandt sind, wobei das Lasermedium **51** dazwischen positioniert ist. Als Lasermedium **51** kann zum Beispiel ein Festkörper-Lasermedium, das durch ein Lasermedium wie zum Beispiel YAG ($Y_3Al_5O_{12}$) und YVO₄ gebildet wird, das mit Neodym (Nd) als laseraktive Spezies dotiert ist, verwendet werden. In dem Lasermedium **51** wird durch Einspeisen des Anregungslichts L1, das durch das optische System **4** gebündelt worden ist, die laseraktive Spezies angeregt, und es wird ein Licht mit einer vorgegebenen Wellenlänge emittiert.

[0028] Der Totalreflexionsspiegel **52** reflektiert, während er das Anregungslicht L1 überträgt, eine spontane Lichtemission durch das Lasermedium **51** vollständig. Der teildurchlässige Spiegel **53** weist für eine Wellenlänge der spontanen Lichtemission durch das Lasermedium **51** ein geringeres Reflexionsvermögen als der Totalreflexionsspiegel **52** auf. Der Totalreflexionsspiegel **52** und der teildurchlässige Spiegel **53** reflektieren jeweils das Licht, das durch das Lasermedium **51** emittiert worden ist, bewirken, dass das Licht zwischen ih-

nen pendelt, und bewirken eine stimulierte Strahlung in dem Lasermedium **51**. Dementsprechend emittiert der optische Resonator **5** ein Laserlicht L2 von dem teildurchlässigen Spiegel **53**. Es ist zu beachten, dass es sich bei dem optischen Resonator **5** auch um einen Kompositkristall handeln kann, der integral durch Komponenten von dem Totalreflexionsspiegel **52** bis zu dem teildurchlässigen Spiegel **53** gebildet ist.

[0029] Bei der Laservorrichtung **1A** in **Fig. 1** wird die SI-Faser **32** bevorzugt in einem gekrümmten Zustand fixiert. **Fig. 2** ist ein Aufbauschaubild eines Fixierungswerkzeugs für die SI-Faser der Laservorrichtung in **Fig. 1**. In diesem Aufbaubeispiel, wie es in **Fig. 2** veranschaulicht wird, ist die SI-Faser **32** durch ein Fixierungswerkzeug **33** in dem gekrümmten Zustand fixiert. Das Fixierungswerkzeug **33** ist mit Plattenelementen **34** und **35** ausgestattet. Die Plattenelemente **34** und **35** weisen gegenüberliegende Flächen **34a** und **35a** auf, die einander jeweils zugewandt sind. Auf der gegenüberliegenden Fläche **34a** ist eine vertiefte gekrümmte Fläche ausgebildet. Auf der gegenüberliegenden Fläche **35a** ist eine vorstehende gekrümmte Fläche ausgebildet, die die gekrümmte Fläche ergänzt, die auf der gegenüberliegenden Fläche **34a** ausgebildet ist. Dementsprechend fügen die Plattenelemente **34** und **35** die SI-Faser **32** zwischen den gegenüberliegenden Flächen **34a** und **35a** ein, wodurch es möglich ist, die SI-Faser in dem gekrümmten Zustand zu fixieren.

[0030] Die SI-Faser **32** weist einen Kern mit einem festen Brechungsindex auf, wodurch, wenn die SI-Faser **32** linear verkabelt ist, das Anregungslicht L1, das sich geradlinig ausbreitet, von einem mittleren Teil des Kerns emittiert wird und die Leistung an dem mittleren Teil des Kerns hoch wird. Demgegenüber wird durch Verwenden des Fixierungswerkzeugs **33** das Anregungslicht L1, das sich geradlinig ausbreitet, wiederholt durch eine Wand des Kerns reflektiert, wodurch die Leistung in einer Ebenenrichtung gleichmäßig wird und ein Strahlprofil des geleiteten Anregungslights L1 eine Top-Hat-Form annimmt. Als spezifischer Aufbau des Fixierungswerkzeugs **33** können auch verschiedene andere Aufbauten als der oben beschriebene Aufbau verwendet werden.

[0031] **Fig. 3** ist ein Aufbauschaubild eines weiteren beispielhaften Fixierungswerkzeugs für die SI-Faser der Laservorrichtung. Ein Unterschied gegenüber dem Aufbau in **Fig. 2** besteht darin, dass eine Mehrzahl von gekrümmten Flächen auf den gegenüberliegenden Flächen **34a** und **35a** der Plattenelemente **34** und **35** in dem Fixierungswerkzeug **33** ausgebildet sind. Dementsprechend ist es möglich, die SI-Faser **32** entlang der gekrümmten Flächen zu fixieren, indem sie mehrfach gekrümmmt wird.

[0032] **Fig. 4** ist ein Aufbauschaubild eines noch weiteren beispielhaften Fixierungswerkzeugs für die SI-Faser der Laservorrichtung. In diesem Aufbaubeispiel, wie es in **Fig. 4** veranschaulicht wird, ist das Fixierungswerkzeug **33** mit einem Kastengehäuse **36** und einer Schraube **37** ausgestattet. Das Kastengehäuse **36** weist eine rechteckige Unterfläche **36a** und rechteckige Seitenflächen **36b** bis **36e** auf. Durchgangslöcher **36f** und **36g** werden an den zugewandten Seitenflächen **36b** und **36c** bzw. an der Seite der Bodenfläche **36a** des Kastengehäuses **36** bereitgestellt. Die SI-Faser **32** ist so verkabelt, dass sie durch das Kastengehäuse **36** durch die Durchgangslöcher **36f** und **36g** geführt wird. Die Seitenfläche **36d** des Kastengehäuses **36**, die senkrecht zu den Seitenflächen **36b** und **36c** ist, ist mit einem Schraubenloch **36h** ausgestattet, in das die Schraube **37** geschraubt ist. Die Schraube **37** wird so bereitgestellt, dass die SI-Faser **32** mit einem Spitzenabschnitt **37a** davon im Inneren des Kastengehäuses **36** gedrückt wird. Dementsprechend ist es möglich, die SI-Faser **32** gekrümmt zu fixieren. Ein Betrag der Krümmung kann durch einen Anziehbetrag der Schraube **37** angepasst werden.

[0033] Es ist zu beachten, dass die SI-Faser **32** durch die Bodenfläche **36a** und die Durchgangslöcher **36f** und **36g** so fixiert wird, dass sie sich nicht in einer radialen Richtung der Faser an den Durchgangslöchern **36f** und **36g** bewegt, und sie die Bodenfläche **36a** zwischen den Durchgangslöchern **36f** und **36g** berührt und die SI-Faser daher kaum eine äußere Belastung wie zum Beispiel Schwingungen aufnimmt. Durch Bereitstellen einer Mehrzahl von Schrauben **37** an der Seitenfläche **36d** und der Seitenfläche **36e**, die der Seitenfläche **36d** zugewandt sind, ist außerdem ein Aufbau so möglich, dass die SI-Faser **32** durch die Schrauben an mehreren Positionen gedrückt wird und mehrfach gekrümmmt wird.

[0034] Bei der Laservorrichtung **1A**, die den oben beschriebenen Aufbau aufweist, wird das Anregungslicht L1, das von dem Halbleiterlaser **21** emittiert wird, durch den Lichtwellenleiter **3** geleitet, durch das optische System **4** gebündelt und in den optischen Resonator **5** eingespeist. Das Anregungslicht L1, das in das Lasermedium **51** des optischen Resonators **5** eingetreten ist, regt die laseraktive Spezies in dem Lasermedium **51** an und bewirkt, dass das Licht mit der vorgegebenen Wellenlänge emittiert wird. Das Licht, das durch das Lasermedium **51** emittiert worden ist, wird jeweils durch die Reflexionsspiegel **52** und **53** reflektiert, und durch Pendeln zwischen den Reflexionsspiegeln **52** und **53** bewirkt das Licht eine stimulierte Emission in dem Lasermedium **51**. Dementsprechend wird das Laserlicht L2 von dem optischen Resonator **5** emittiert.

[0035] Wenn das Anregungslicht L1 durch den Lichtwellenleiter **3** geleitet wird, ist die Leistung in der GI-Faser **31**, die den Teil der Eintrittsseite bildet, gegenüber einer Formänderung der Faser unempfindlich und ist tendenziell stabil. Des Weiteren weist das Anregungslicht L1 in der SI-Faser **32** tendenziell das Strahlprofil in der Top-Hat-Form auf. Des Weiteren wird in dem oben beschriebenen Aufbaubispiel die SI-Faser **32** durch das Fixierungswerkzeug **33** in dem gekrümmten Zustand fixiert, wodurch das Strahlprofil des Anregungslights L1 sicherer tendenziell die Top-Hat-Form aufweist.

[0036] Auf diese Weise tritt das Anregungslicht L1 aus dem Lichtwellenleiter **3** in einem Zustand aus, in dem die Leistung stabil ist und das Strahlprofil die Top-Hat-Form aufweist. Da ein solches Anregungslicht L1 in das Lasermedium **51** eintritt, wird die Leistung des Laserlichts L2, das von dem optischen Resonator **5** emittiert wird, stabil und ausreichend. Wenn das Anregungslicht L1 die Top-Hat-Form aufweist, ist dies unter dem Aspekt, dass es unwahrscheinlich ist, dass eine komplizierte thermische Linse in dem Lasermedium **51** auftritt, vorteilhaft, um die Leistung des Laserlichts L2 ausreichend zu machen. Wenn die thermische Linse auftritt, kann zum Beispiel eine optische Achse des Laserlichts L2 abgelenkt werden (Abnahme der Richtwirkung), oder das Laserlicht L2 kann divergiert oder konvergiert werden (Abnahme der Lichtbündelung), wodurch eine Qualität des Laserlichts L2 leicht verschlechtert werden kann.

[0037] Hier werden Eigenschaften der GI-Faser **31** und der SI-Faser **32** beschrieben. **Fig. 5** ist eine schematische Ansicht eines Bewertungsverfahrens zum Bewerten eines Einflusses einer Formänderung des Lichtwellenleiters. Wie in **Fig. 5** veranschaulicht, wird der Lichtwellenleiter **3** in einem gekrümmten Zustand mithilfe einer Spule **6** und Auflagepunkten **7** und **8** gestützt. Als Spule **6** wird eine zylindrische Spule mit einem Durchmesser von 300 mm verwendet, und der Lichtwellenleiter **3** kommt mit einer Außenumfangsfläche der Spule **6** in Kontakt. Ein Abstand **d** zwischen dem Auflagepunkt **7** und dem Auflagepunkt **8** wird auf 68 mm festgelegt, und der Lichtwellenleiter **3**, der zwischen den Auflagepunkten **7** **8** gestützt wird und durch sein Eigengewicht gebogen wird, mithilfe einer Druckeinheit **9** eine Kraft von einer gegenüberliegenden Seite der Auflagepunkte **7** und **8** in derselben Richtung wie das Biegen durch das Eigengewicht ausgeübt. Durch stufenweises Ändern der Belastung durch die Druckeinheit **9** werden eine Impulsenergie (pulse energy, PE) und eine Verzögerung bewertet. Hier beträgt die Biegung durch das Eigengewicht 18 mm (Krümmungsradius von 322 mm), wobei eine lineare Verkabelung als Bezug verwendet wird.

[0038] Es wird eine Bewertung für einen Fall, in dem nur die GI-Faser **31** verwendet wird, bzw. für einen Fall durchgeführt, in dem nur die SI-Faser **32** verwendet wird, um den Lichtwellenleiter **3** zu bilden. Die GI-Faser **31** und die SI-Faser **32** weisen beide dieselbe Länge auf und weisen einen zulässigen Krümmungsradius von 150 mm oder mehr auf. Das Fixierungswerkzeug **33** wird nicht verwendet.

[0039] Ein Bewertungsergebnis eines Einflusses der Formänderung des Lichtwellenleiters, der in dem obigen Verfahren bewertet worden ist, wird in Tabelle 1 und **Fig. 6** veranschaulicht. **Fig. 6** ist ein Graph von Tabelle 1. Ein relativer PE-Wert in Tabelle 1 bezieht sich auf einen relativen Wert, wenn der PE an einem Krümmungsradius von 154 mm nahe dem zulässigen Krümmungsradius **100** beträgt. Der Krümmungsradius wird grob aus dem Abstand **d** zwischen den Auflagepunkten **7** und **8** und einer Position der Druckeinheit **9** bei einem Beaufschlagen mit Druck geschätzt..

[Tabelle 1]

Biegung [mm]	Krümmungsra- dius [mm]	SI-Faser			GI-Faser		
		PE [μ J]	Relativer PE-Wert [%]	Verzöge- rung [μ s]	PE [μ J]	Relativer PE Wert [%]	Verzöge- rung [μ s]
1,8	322	361	92,8	368	249	98,0	416
2,8	208	368	94,6	380	255	100,4	420
3,8	154	389	100,0	428	254	100,0	416
4,3	137	401	103,1	468	-	-	-
4,8	123	Schwin- gung be- endet	Schwin- gung be- endet	-	254	100,0	420

5,8	103	Schwingung beendet	Schwingung beendet	-	250	98,4	420
6,8	88	Schwingung beendet	Schwingung beendet	-	250	98,4	440

[0040] Tabelle 2 veranschaulicht ein Bewertungsergebnis einer Bewertung der Impulsenergie, während sich der Lichtwellenleiter **3** durch sein Eigengewicht und durch Optimieren einer Temperaturanpassung des Halbleiterlasers **21** und einer Temperaturanpassung des optischen Resonators **5** in einem Biegezustand befindet.

[Tabelle 2]

	PE [μJ]	Verzögerung [μs]	Resonator-temperatur [%]	Halbleiterlaser-Ansteuerungszustand
SI-Faser	370	380	22	QCW40A (100 Hz, 500 μs ... Tastverhältnis 5%) bei 29°C
GI-Faser	249	416	20	wie oben

[0041] Gemäß Tabelle 1 wird, wenn die Formänderung der Faser in einem Bereich von 137 mm oder mehr des Krümmungsradius liegt, wenn die SI-Faser **32** verwendet wird, das Laserlicht L2 erzielt, das im Vergleich dazu, wenn die GI-Faser **31** verwendet wird, die hohe Impulsenergie aufweist. Wenn die Formänderung der Faser jedoch in einem Bereich von 123 mm oder weniger des Krümmungsradius liegt, wird das Laserlicht L2 erzielt, das die stabile Impulsenergie aufweist, wenn die GI-Faser **31** verwendet wird, jedoch wird die Schwingung beendet, wenn die SI-Faser **32** verwendet wird. Im Hinblick auf eine Verzögerung ist diese, wenn die GI-Faser **31** verwendet wird, stabiler und weist eine geringere Änderung im Vergleich dazu auf, wenn die SI-Faser **32** verwendet wird.

[0042] Das heißt, im Hinblick auf eine Leistungsänderungseigenschaft gegenüber der äußeren Belastung ist eindeutig, dass die GI-Faser **31** der SI-Faser **32** überlegen ist. Des Weiteren beträgt gemäß Tabelle 2 in einem Zustand, in dem die Temperaturanpassung des Halbleiterlasers **21** und die Temperaturanpassung des optischen Resonators **5** optimiert sind, die Impulsenergie der GI-Faser **31** etwa 60% der SI-Faser **32**.

[0043] Wie oben beschrieben, wird bei der Laservorrichtung **1A** gemäß der vorliegenden Ausführungsform ein Teil des Lichtwellenleiters **3** auf der Lichteintrittsseite, wo das Anregungslight L1 eingespeist wird, das von dem Halbleiterlaser **21** emittiert wird, (ein Teil von der Eintrittsstirnfläche **3a** bis zu dem vorgegebenen Abschnitt **3c** des Lichtwellenleiters **3**) durch die GI-Faser **31** gebildet. Des Weiteren wird ein Teil des Lichtwellenleiters **3** auf der Lichtaustrittseite, wo das Anregungslight L1 austritt, das geleitet wird, (ein Teil von der Austrittsstirnfläche **3b** bis zu dem vorgegebenen Abschnitt **3c**) durch die SI-Faser **32** gebildet.

[0044] Bevorzugt ist die Länge der GI-Faser **31** größer als eine Länge der SI-Faser **32** und beträgt zum Beispiel 15 cm oder mehr. Durch Verwenden der GI-Faser **31** ist die Leistung des Anregungslights L1, das geleitet wird, unempfindlich gegenüber der Formänderung der Faser und ist tendenziell stabil. Aus diesem Grund ist in dem oben beschriebenen Aufbaubeispiel bei dem Lichtwellenleiter **3** insgesamt eine Länge des Teils, der gegenüber dem Einfluss der Formänderung unempfindlich ist, groß, wodurch die Leistung des Anregungslights L1, das geleitet wird, tendenziell stabil ist. Demgegenüber ist in dem oben beschriebenen Fall die Länge der SI-Faser **32** gering und beträgt zum Beispiel 15 cm oder weniger. Durch Verwenden der SI-Faser **32** ist die Leistung des Anregungslights L1, das geleitet wird, gegenüber der Formänderung der Faser empfindlich und ist tendenziell instabil, da die Länge der SI-Faser **32** jedoch gering ist, ist es möglich, den Einfluss so zu unterdrücken, dass er gering ist.

[0045] Des Weiteren weist durch Verwenden der SI-Faser **32** das Strahlprofil des Anregungslights L1, das aus dem Lichtwellenleiter **3** austritt, tendenziell die Top-Hat-Form auf. Aus diesem Grund ist durch Verwenden des Lichtwellenleiters **3** die Leistung des Anregungslights L1, das in das Lasermedium **51** eingespeist wird, tendenziell stabil, und das Strahlprofil davon weist tendenziell die Top-Hat-Form auf. Auf diese Weise wird die Leistung des Laserlichts L2, das von dem optischen Resonator **5** emittiert wird, ebenfalls stabil.

[0046] Des Weiteren ist bei der Laservorrichtung **1A** die SI-Faser **32** durch das Fixierungswerkzeug **33** in dem gekrümmten Zustand fixiert. Dementsprechend weist selbst in einem Fall, in dem die Länge des Teils der SI-Faser **32** gering ist, das Strahlprofil des Anregungslichts L1, das aus dem Lichtwellenleiter **3** austritt, tendenziell die Top-Hat-Form auf. Da die SI-Faser **32** fixiert ist, tritt des Weiteren ein Nachteil der SI-Faser **32** insofern, als die Leistung des Lichts, das geleitet wird, gegenüber der Formänderung der Faser empfindlich wird und tendenziell instabil wird, kaum auf. Durch Verwenden der Laservorrichtung **1A** ist es daher möglich, das Laserlicht L2 mit der stabilen und ausreichenden Leistung zu erzielen.

[0047] Bei der Laservorrichtung **1A** können die Halbleiter-Lasereinrichtung **2** und der optische Resonator **5** getrennt voneinander montiert werden, wodurch es möglich ist zu unterdrücken, dass ein Einfluss von Wärme beim Ansteuern des Halbleiterlasers **21** das Lasermedium **51** beeinträchtigt. Des Weiteren können der Halbleiterlaser **21** und der optische Resonator **5** leicht sogar in einem Raum montiert werden, in dem es schwierig ist, beide an derselben Stelle anzutragen. Da das Anregungslicht L1 durch den Lichtwellenleiter **3** übertragen wird, ist es darüber hinaus möglich, die Laservorrichtung **1A** mithilfe des Lichtwellenleiters **3** sogar in einem Fall zu bilden, in dem eine Wellenlänge des Laserlichts L2 für eine Übertragung durch den Lichtwellenleiter **3** nicht angemessen ist.

[0048] Da in der Laservorrichtung **1A** die Länge der GI-Faser **31** groß ist und die Leistung des Anregungslichts L1, das geleitet wird, in dem Teil der GI-Faser **31** unempfindlich gegenüber der Formänderung der Faser ist und tendenziell stabil ist, ist es möglich, einen Freiheitsgrad einer Anordnungsgestaltung der Halbleiter-Lasereinrichtung **2** und des optischen Resonators **5** weiter zu verbessern. Beispielsweise ist selbst in einem kleinen Raum oder in einem komplizierten Raum, in dem der größte Teil des Lichtwellenleiters **3** gebogen werden muss, um darin angeordnet zu werden, eine Anordnung einfach, da nur der Teil des Lichtwellenleiters **3** auf der Lichtaustrittsseite, wo die SI-Faser **32** verwendet wird, ungebogen bleiben muss.

[0049] Wenn des Weiteren ein Kerndurchmesser der GI-Faser **31** auf Φ_{GI} festgelegt wird, eine numerische Apertur der GI-Faser **31** auf NA_{GI} festgelegt wird, ein Kerndurchmesser der SI-Faser **32** auf Φ_{SI} festgelegt wird und eine numerische Apertur der SI-Faser **32** auf NA_{SI} festgelegt wird, genügt die Laservorrichtung **1A** bevorzugt der folgenden Formel (1), wenn gilt $NA_{GI} > NA_{SI}$, und genügt der folgenden Formel (2), wenn gilt $NA_{GI} < NA_{SI}$. Dementsprechend ist es im Grunde möglich zu bewirken, dass das gesamte Anregungslicht L1, das aus der GI-Faser **31** austritt, in die SI-Faser **32** eintritt. Aus diesem Grund ist es möglich, einen Ausbreitungsverlust des Anregungslichts L1 an einer Verbindungsgrenzfläche zwischen der GI-Faser **31** und der SI-Faser **32** zu unterdrücken.

$$2\Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI}) \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI}) \quad (1)$$

$$2\Phi_{GI} \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI} \quad (2)$$

[0050] Da die Laservorrichtung **1A** den Halbleiterlaser **21** als Lichtquelle zum Emittieren von Licht verwendet, ist es darüber hinaus einfach, eine Anpassung einer Lichtmenge vorzunehmen, wodurch das geeignete Anregungslicht L1 erzielt werden kann.

[Zweite Ausführungsform]

[0051] **Fig. 7** ist ein Aufbauschaubild einer Laservorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform. Wie in **Fig. 7** veranschaulicht, ist die Laservorrichtung **1B** mit einem optischen Verstärker (Laseroszillator) **11** anstelle des optischen Resonators **5** ausgestattet, worin ein Hauptunterschied gegenüber der Laservorrichtung **1A** besteht. Der optische Verstärker **11** weist das Lasermedium **51** auf. Als Lasermedium **51** kann zum Beispiel ein Festkörper-Lasermedium, das durch ein Lasermedium wie zum Beispiel YAG ($Y_3Al_5O_{12}$) und YVO_4 gebildet wird, das mit Neodym (Nd) als laseraktive Spezies dotiert ist, verwendet werden. Das Anregungslicht L1, das durch das optische System **4** gebündelt wird, und ein Seed-Licht L3, das von einer anderen Lichtquelle (einer Lichtquelle **25**, die in **Fig. 7** schematisch veranschaulicht wird) emittiert wird, treten in das Lasermedium **51** ein. In dem Lasermedium **51** wird die laseraktive Spezies durch das Anregungslicht L1 angeregt, und eine stimuliert Emission wird durch das Seed-Licht L3 bewirkt, wodurch das Seed-Licht L3 verstärkt wird. Dementsprechend emittiert der optische Verstärker **11** das Laserlicht L2.

[0052] Bei der Laservorrichtung **1B**, die den oben beschriebenen Aufbau aufweist, wird das Anregungslicht L1, das von dem Halbleiterlaser **21** emittiert wird, durch den Lichtwellenleiter **3** geleitet, durch das optische System **4** gebündelt und in den optischen Verstärker **11** eingespeist. Das Anregungslicht L1, das in das Lasermedium **51** des optischen Verstärkers **11** eingetreten ist, regt die laseraktive Spezies des Lasermediums **51** an. Das

Seed-Licht L3, das in das Lasermedium **51** eingetreten ist, bewirkt die stimulierte Emission in dem Lasermedium **51** und wird verstärkt. Dementsprechend wird das Laserlicht L2 von dem optischen Verstärker **11** emittiert.

[0053] Auf dieselbe Weise wie bei der Laservorrichtung **1A** tritt das Anregungslicht L1 aus dem Lichtwellenleiter **3** in einem Zustand aus, in dem die Leistung davon stabilisiert ist und das Strahlprofil davon eine Top-Hat-Form aufweist. Ein solches Anregungslicht L1 tritt in das Lasermedium **51** ein, wodurch die Leistung des Laserlichts L2, das von dem optischen Verstärker **11** emittiert wird, stabil und ausreichend wird. Wenn das Anregungslicht L1 die Top-Hat-Form aufweist, ist dies unter dem Aspekt, dass es unwahrscheinlich ist, dass eine komplizierte thermische Linse in dem Lasermedium **51** auftritt, vorteilhaft, um die Leistung des Laserlichts L2 ausreichend zu machen.

[0054] Wie oben beschrieben, ist die Laservorrichtung **1B** genauso wie die Laservorrichtung **1A** mit dem Lichtwellenleiter **3** ausgestattet, in dem ein Teil des Lichtwellenleiters **3** auf der Lichteintrittsseite (ein Teil von der Eintrittsstirnfläche **3a** bis zu dem vorgegebenen Abschnitt **3c** des Lichtwellenleiters **3**) durch die GI-Faser **31** gebildet wird und in dem ein Teil des Lichtwellenleiters **3** auf der Lichtaustrittsseite, wo das Anregungslicht L1, das geleitet wird, austritt (ein Teil von der Austrittsstirnfläche **3b** bis zu dem vorgegebenen Abschnitt **3c**), durch die SI-Faser **32** gebildet wird. Durch Verwenden des Lichtwellenleiters **3** ist die Leistung des Anregungslights L1, das in das Lasermedium **51** eingespeist wird, tendenziell stabil, und das Strahlprofil davon weist tendenziell die Top-Hat-Form auf. Aus diesem Grund wird die Leistung des Laserlichts L2, das von dem optischen Verstärker **11** emittiert wird, ebenfalls stabil und ausreichend. Durch Verwenden der Laservorrichtung **1B** ist es daher möglich, das Laserlicht L2 mit der stabilen und ausreichenden Leistung zu erzielen.

[0055] Die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind wie oben beschrieben worden, die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf jede der oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. Beispielsweise ist auch ein Aufbau so möglich, dass das Licht, das aus dem Lichtwellenleiter **3** austritt, als Seed-Licht L3 in das Lasermedium **51** des optischen Verstärkers **11** eingespeist wird. In einem Fall, in dem das Licht, das aus dem Lichtwellenleiter **3** austritt, als Seed-Licht L3 verwendet wird, ist die Leistung des Seed-Lichts L3 tendenziell stabil, wodurch die Leistung des Laserlichts L2, das von der Laservorrichtung **1B** emittiert wird, tendenziell ebenfalls stabil ist. Da es einfach ist, das Laserlicht L2 in der Top-Hat-Form zu erzielen, wird in einem Fall, in dem das Laserlicht L2 zum Beispiel in einen Spiegel eingespeist wird, Energie des Laserlichts L2 darüber hinaus nicht mithilfe der Top-Hat-Form auf einen Teil des Spiegels konzentriert, wodurch es unwahrscheinlich wird, dass der Spiegel zerbricht. Auf diese Weise ist es einfach, die Leistung des Laserlichts L2 zu erhöhen, und es ist eine Verwendung auf einem Gebiet möglich, in dem ein Erhöhen der Leistung des Laserlichts erforderlich ist, wie zum Beispiel bei einer Laserbearbeitung.

[0056] Darüber hinaus ist es außerdem möglich, das Licht, das aus dem Lichtwellenleiter **3** austritt, sowohl als das Anregungslicht L1 als auch als das Seed-Licht L3 zu verwenden, die in das Lasermedium **51** des optischen Verstärkers **11** eingespeist werden. Dementsprechend wird die Leistung des Laserlichts L2, das von der Laservorrichtung **1B** emittiert wird, tendenziell stabiler und ausreichender.

[0057] Des Weiteren ist es außerdem möglich zu bewirken, dass das Anregungslicht L1 an mehreren Positionen des Lasermediums **51** des optischen Verstärkers **11** eingespeist wird. Dementsprechend ist es unwahrscheinlich, dass die thermische Linse in dem Lasermedium **51** auftritt. In **Fig. 7** ist zur Vereinfachung ein Aufbau beschrieben worden, in dem das Anregungslicht L1 an einer Position eingespeist wird, um jedoch ein Auftreten einer Wärmeverteilung zu verhindern, soll ein gemeinsamer Aufbau bewirken, dass das Anregungslicht L1 an mehreren Positionen eingespeist wird.

[0058] Des Weiteren ist in **Fig. 7** ein Seitenflächenanregungstyp beschrieben worden, bei dem das Anregungslicht L1 in eine Seitenfläche des Lasermediums **51** des optischen Verstärkers **11** eingespeist wird, es kann sich jedoch auch um einen Stirnflächenanregungstyp handeln, bei dem das Anregungslicht L1 in eine Stirnfläche des Lasermediums **51** eingespeist wird. Das Anregungslicht L1 kann auch in beide Stirnflächen des Lasermediums **51** eingespeist werden.

[0059] Die Laservorrichtung gemäß der oben beschriebenen Ausführungsform ist mit einer Lichtquelle, die Licht emittiert, einem Lichtwellenleiter, in den das Licht eingespeist wird, das von der Lichtquelle emittiert wird, und der das Licht leitet und aus dem es austritt, und einem Laseroszillatator ausgestattet, der ein Lasermedium aufweist, in das das Licht eingespeist wird, das aus dem Lichtwellenleiter austritt, der Laserlicht emittiert, und ist so gestaltet, dass der Lichtwellenleiter eine GI-Faser, die einen Teil der Lichteintrittsseite bildet, und eine SI-Faser beinhaltet, die mit der GI-Faser verbunden ist und einen Teil der Lichtausgabeseite bildet.

[0060] Bei der Laservorrichtung, die den oben beschriebenen Aufbau aufweist, kann eine Länge der GI-Faser so gestaltet sein, dass sie größer als eine Länge der SI-Faser ist. In diesem Fall ist ein Teil, der durch die GI-Faser gebildet wird, lang, und eine Leistung des Lichts, das geleitet wird, ist in diesem Teil unempfindlich gegenüber der Formänderung der Faser und ist tendenziell stabil, wodurch es möglich ist, einen Freiheitsgrad einer Anordnungsgestaltung der Lichtquelle und des Laseroszillators zu verbessern.

[0061] Bei der Laservorrichtung, die den oben beschriebenen Aufbau aufweist, kann die SI-Faser auch so gestaltet sein, dass sie in dem gekrümmten Zustand fixiert ist. In diesem Fall weist, selbst wenn eine Länge des Teils, der durch die SI-Faser gebildet wird, gering ist, das Strahlprofil des Lichts, das aus dem Lichtwellenleiter austritt, tendenziell die Top-Hat-Form auf.

[0062] Die Laservorrichtung, die den oben beschriebenen Aufbau aufweist, kann auch so gestaltet sein, dass sie der folgenden Formel (1) genügt, wenn gilt $NA_{GI} > NA_{SI}$, und der folgenden Formel (2) genügt, wenn gilt $NA_{GI} < NA_{SI}$, wenn ein Kerndurchmesser der GI-Faser auf Φ_{GI} festgelegt wird, eine numerische Apertur der GI-Faser auf NA_{GI} festgelegt wird, ein Kerndurchmesser der SI-Faser auf Φ_{SI} festgelegt wird und eine numerische Apertur der SI-Faser auf NA_{SI} festgelegt wird.

$$2\Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI}) \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI}) \quad (1)$$

$$2\Phi_{GI} \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI} \quad (2)$$

[0063] Dementsprechend ist es möglich zu bewirken, dass das Licht, das aus der GI-Faser austritt, effizient in die SI-Faser eintritt. Aus diesem Grund ist es möglich, einen Ausbreitungsverlust des Lichts an einer Verbindungsgrundfläche zwischen der GI-Faser und der SI-Faser zu unterdrücken.

[0064] Bei der Laservorrichtung, die den oben beschriebenen Aufbau aufweist, ist es außerdem möglich, sie so zu gestalten, dass es sich bei der Lichtquelle um einen Halbleiterlaser handelt. Eine solche Lichtquelle ist als Lichtquelle eines Anregungslichts und eines Seed-Lichts für den Laseroszillator geeignet.

[0065] Bei der Laservorrichtung, die den oben beschriebenen Aufbau aufweist, ist es außerdem möglich, sie so zu gestalten, dass es sich bei dem Laseroszillator um einen optischen Resonator handelt, der das Lasermedium aufweist, in das das Licht, das aus dem Lichtwellenleiter austritt, als Anregungslicht eingespeist wird. In diesem Fall weist das Anregungslicht, das in das Lasermedium eingespeist wird, eine Leistung, die tendenziell stabil ist, und das Strahlprofil auf, das tendenziell die Top-Hat-Form aufweist. Durch Verwenden eines solchen Anregungslichts ist die Leistung des Laserlichts, das von dem optischen Resonator emittiert wird, tendenziell stabil und ausreichend.

[0066] Bei der Laservorrichtung, die den oben beschriebenen Aufbau aufweist, ist es außerdem möglich, sie so zu gestalten, dass es sich bei dem Laseroszillator um einen optischen Verstärker handelt, der das Lasermedium aufweist, in das das Licht, das aus dem Lichtwellenleiter austritt, als Anregungslicht eingespeist wird. In diesem Fall weist das Anregungslicht, das in das Lasermedium eingespeist wird, eine Leistung, die tendenziell stabil ist, und das Strahlprofil auf, das tendenziell die Top-Hat-Form aufweist. Durch Verwenden eines solchen Anregungslichts ist die Leistung des Laserlichts, das von dem optischen Verstärker emittiert wird, tendenziell stabil und ausreichend.

[0067] Bei der Laservorrichtung, die den oben beschriebenen Aufbau aufweist, ist es außerdem möglich, sie so zu gestalten, dass es sich bei dem Laseroszillator um einen optischen Verstärker handelt, der das Lasermedium aufweist, in das das Licht, das aus dem Lichtwellenleiter austritt, als Seed-Licht eingespeist wird. In diesem Fall weist das Seed-Licht, das in das Lasermedium eingespeist wird, eine Leistung, die tendenziell stabil ist, und das Strahlprofil auf, das tendenziell die Top-Hat-Form aufweist. Durch Verwenden eines solchen Seed-Lichts ist die Leistung des Laserlichts, das von dem optischen Verstärker emittiert wird, tendenziell stabil und ausreichend.

Gewerbliche Anwendbarkeit

[0068] Die vorliegende Erfindung ist als eine Laservorrichtung anwendbar, mit der es möglich ist, ein Laserlicht mit einer stabilen und ausreichenden Leistung zu erzielen.

Bezugszeichenliste

1A, 1B	Laservorrichtung,
2	Halbleiter-Lasereinrichtung,
21	Halbleiterlaser,
3	Lichtwellenleiter,
3a	Eintrittsstirnfläche,
3b	Austrittsstirnfläche,
3c	vorgegebener Abschnitt,
31	GI-Faser,
32	SI-Faser,
33	Fixierungswerzeug,
4	optisches System,
5	optischer Resonator,
11	optischer Verstärker,
51	Lasermedium,
52	Totalreflexionsspiegel,
53	teildurchlässiger Spiegel,
L1	Anregungslicht,
L2	Laserlicht,
L3	Seed-Licht.

Patentansprüche

1. Laservorrichtung, die aufweist:
 eine Lichtquelle, die Licht emittiert;
 einen Lichtwellenleiter, in den das Licht eingespeist wird, das von der Lichtquelle emittiert wird, wobei der Lichtwellenleiter das Licht leitet und ausgibt;
 einen Laseroszillator, der ein Lasermedium aufweist, in das das Licht eingespeist wird, das aus dem Lichtwellenleiter austritt, und der Laserlicht emittiert, wobei
 der Lichtwellenleiter beinhaltet:
 eine GI-Faser, die einen Teil auf einer Lichteintrittsseite bildet; und
 eine SI-Faser, die mit der GI-Faser verbunden ist und einen Teil auf einer Lichtaustrittsseite bildet.

2. Laservorrichtung nach Anspruch 1, wobei eine Länge der GI-Faser größer als eine Länge der SI-Faser ist.

3. Laservorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die SI-Faser in einem gekrümmten Zustand fixiert ist.

4. Laservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei, wenn ein Kerndurchmesser der GI-Faser auf Φ_{GI} festgelegt wird, eine numerische Apertur der GI-Faser auf NA_{GI} festgelegt wird, ein Kerndurchmesser der SI-Faser auf Φ_{SI} festgelegt wird und eine numerische Apertur der SI-Faser auf NA_{SI} festgelegt wird, der folgenden Formel (1) genügt wird, wenn gilt $NA_{GI} > NA_{SI}$, und der folgenden Formel (2) genügt wird, wenn gilt $NA_{GI} < NA_{SI}$.

$$2\Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI}) \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI}) \quad (1)$$

$$2\Phi_{GI} \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI} \quad (2)$$

5. Laservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei es sich bei der Lichtquelle um einen Halbleiterlaser handelt.

6. Laservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei es sich bei dem Laseroszillator um einen optischen Resonator handelt, der das Lasermedium aufweist, in das das Licht, das aus dem Lichtwellenleiter austritt, als Anregungslicht eingespeist wird.

7. Laservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei es sich bei dem Laseroszillator um einen optischen Verstärker handelt, der das Lasermedium aufweist, in das das Licht, das aus dem Lichtwellenleiter austritt, als Anregungslicht eingespeist wird.

8. Laservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei es sich bei dem Laseroszillator um einen optischen Verstärker handelt, der das Lasermedium aufweist, in das das Licht, das aus dem Lichtwellenleiter austritt, als Seed-Licht eingespeist wird.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

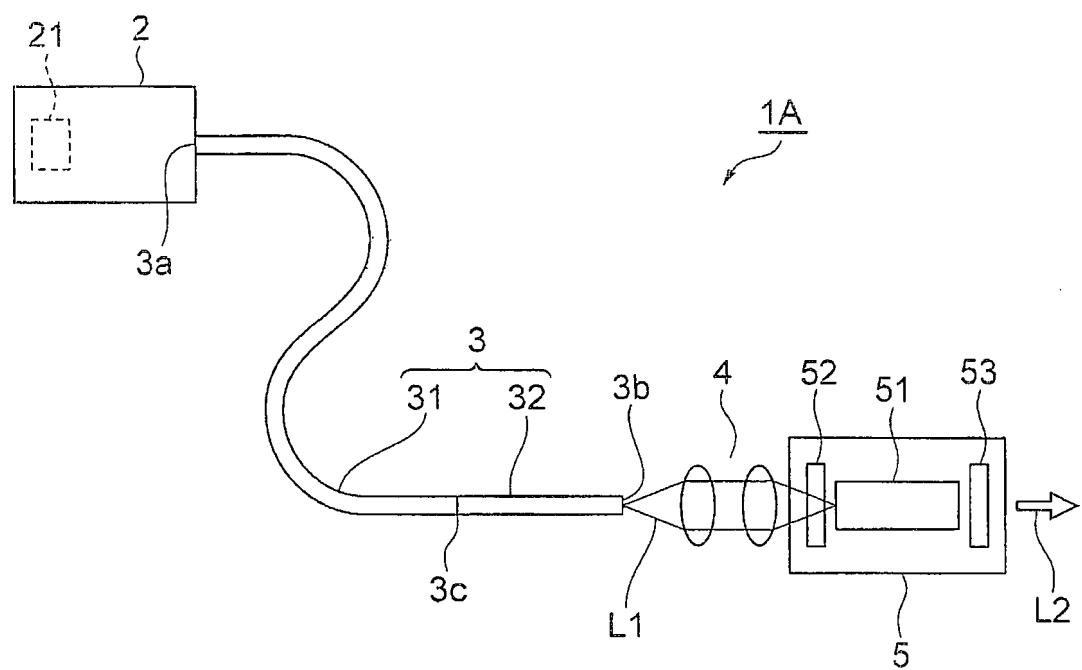


Fig. 2

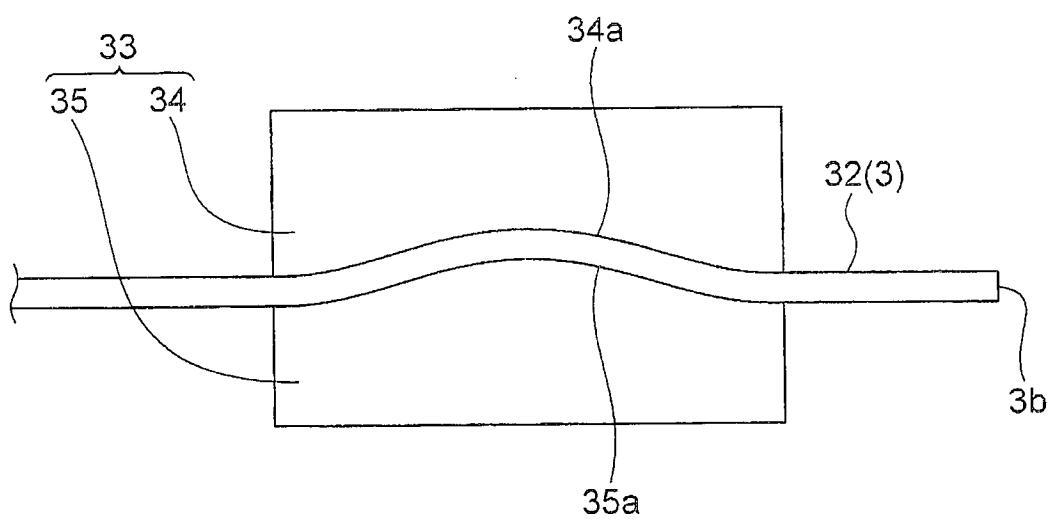


Fig.3

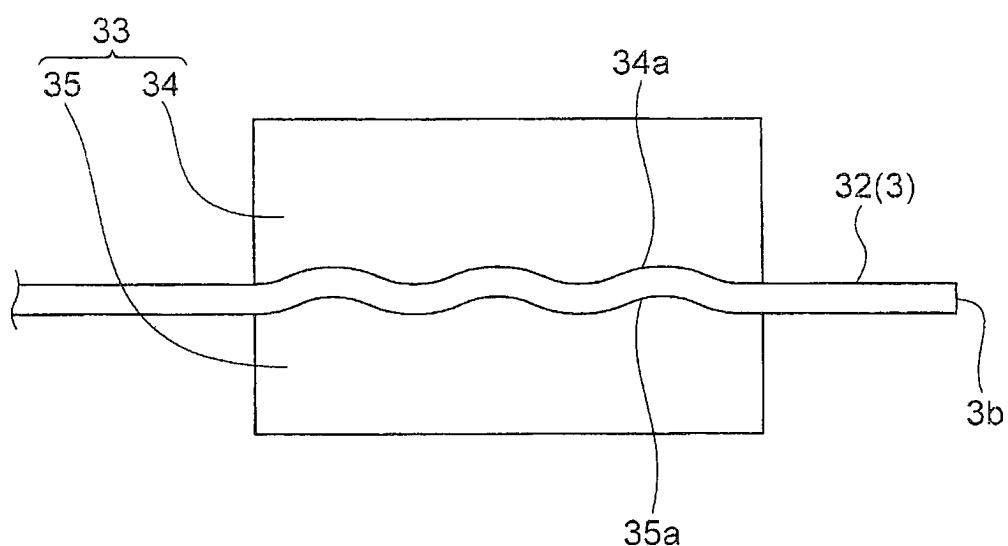


Fig.4

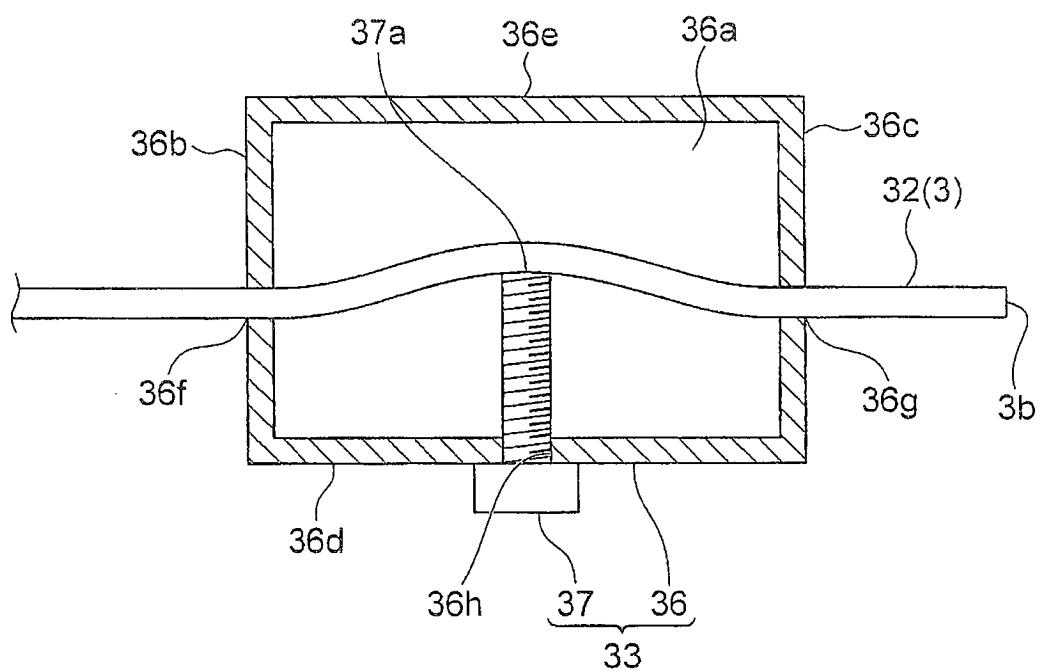


Fig.5

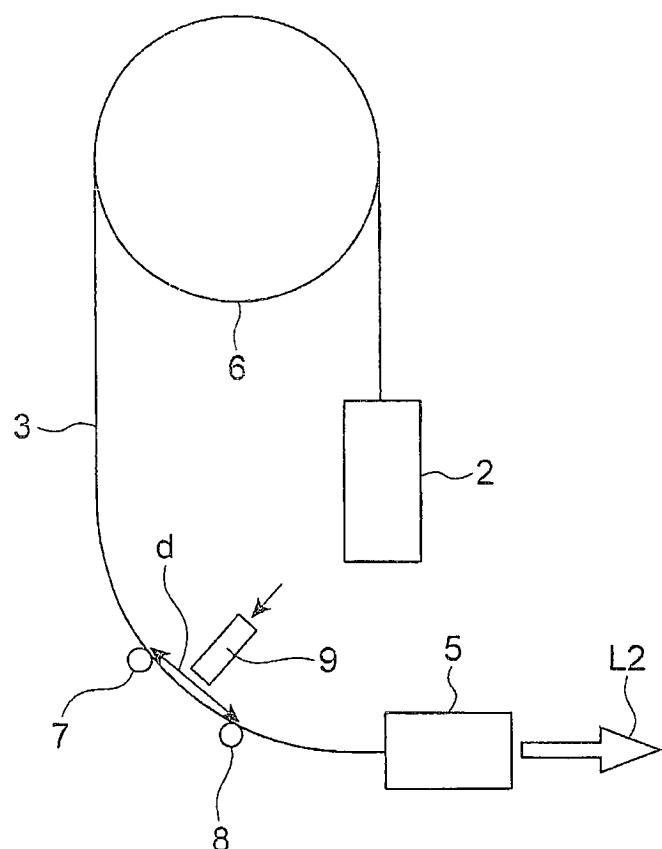


Fig. 6

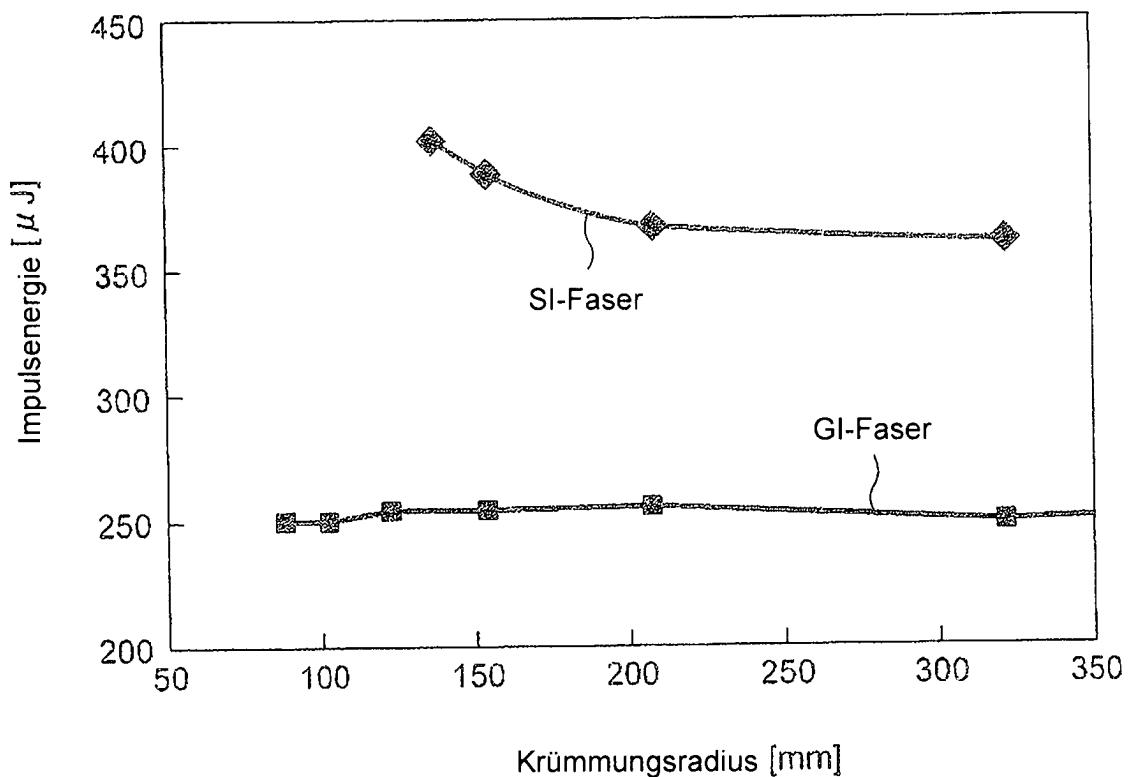


Fig.7

