



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105580221 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201480053088. 1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 09. 22

H01S 3/0941(2006. 01)

(30) 优先权数据

G02B 6/42(2006. 01)

2013-203675 2013. 09. 30 JP

H01S 5/02(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 03. 25

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/075120 2014. 09. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/046160 JA 2015. 04. 02

(71) 申请人 浜松光子学株式会社

地址 日本静冈县

(72) 发明人 酒井博 福岡大岳 鈴木規泰

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

公司 11322

代理人 杨琦 尹明花

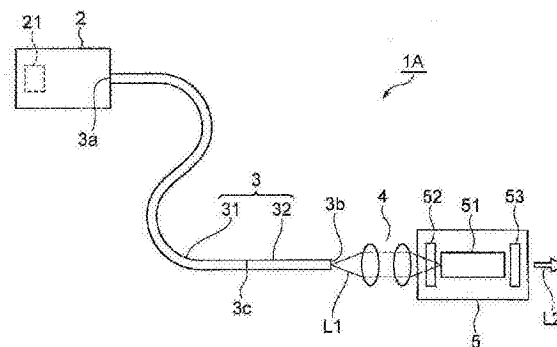
权利要求书1页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

激光装置

(57) 摘要

本发明涉及一种激光装置(1A),其包括:半导体激光器(21),其是射出光(L1)的光源;光纤(3),射入从半导体激光器(21)射出的光(L1),对光(L1)进行导波并使其射出;光学谐振器(5),其具有从光纤(3)射出的光(L1)射入的激光介质(51),并射出激光(L2)。光纤(3)具有,构成光射入侧的部分的GI光纤(31),和与GI光纤(31)接合并构成光射出侧的部分的SI光纤(32)。由此,实现能够获得输出稳定且足够大的激光的激光装置。



1. 一种激光装置,其特征在于,包括:

射出光的光源;

射入从所述光源射出的所述光,对该光进行导波使其射出的光纤;和

具有射入从所述光纤射出的所述光的激光介质,并射出激光的激光振荡器,

所述光纤具有:

构成光射入侧的部分的GI光纤;和

与所述GI光纤接合并构成光射出侧的部分的SI光纤。

2. 根据权利要求1所述的激光装置,其特征在于:

所述GI光纤的长度比所述SI光纤的长度更长。

3. 根据权利要求1或2所述的激光装置,其特征在于:

所述SI光纤以弯曲的状态被固定。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的激光装置,其特征在于:

设所述GI光纤的纤芯径为 Φ_{GI} 、所述GI光纤的数值孔径为 NA_{GI} 、所述SI光纤的纤芯径为 Φ_{SI} 、所述SI光纤的数值孔径为 NA_{SI} 时,在 $NA_{GI} > NA_{SI}$ 的情况下满足下述式(1),在 $NA_{GI} < NA_{SI}$ 的情况下满足下述式(2),

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

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

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的激光装置,其特征在于:

所述光源是半导体激光器。

6. 根据权利要求1~5中任一项所述的激光装置,其特征在于:

所述激光振荡器是使从所述光纤射出的所述光作为激发光射入所述激光介质的光学谐振器。

7. 根据权利要求1~5中任一项所述的激光装置,其特征在于:

所述激光振荡器是使从所述光纤射出的所述光作为激发光射入所述激光介质的光学放大器。

8. 根据权利要求1~5中任一项所述的激光装置,其特征在于:

所述激光振荡器是使从所述光纤射出的所述光作为种子光射入所述激光介质的光学放大器。

激光装置

技术领域

[0001] 本发明涉及激光装置。

背景技术

[0002] 作为目前的激光装置,已知有如下装置,其包括:射出光的光源;导波从光源射出的光使其射出的光纤;和使从光纤射出的光射入激光介质而射出激光的激光振荡器(例如参照专利文献1、2和非专利文献1、2)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开平7-106665号公报

[0006] 专利文献2:日本特开2011-127529号公报

[0007] 非专利文献

[0008] 非专利文献1:A.Agnesi,E.Piccinini,G.C.Reali,and C.Solcia,“基于被动Q开关高功率Nd:YAG激光的高效的全固态可调谐光源(Efficient all-solid-state tunable source based on a passively Q-switched high-power Nd:YAG laser)”,Appl.Phys.B 65,pp.303-305(1997)

[0009] 非专利文献2:H.Sakai,H.Kan,and T.Taira,“>1兆瓦峰值功率单模高亮度的被动Q开关Nd³⁺:YAG微片激光器(>1MW peak power single-mode high-brightness passively Q-switched Nd³⁺:YAG microchip laser)”,Opt.Express Vol.16No.24,pp.19891-19899 (2008)

发明内容

[0010] 发明要解决的问题

[0011] 然而,在上述的激光装置中,存在激光的光输出不稳定或者激光的输出下降的情况。

[0012] 因此,本发明的目的在于提供一种激光装置,通过该装置能够获得输出稳定且足够大的激光。

[0013] 用于解决问题的技术方案

[0014] 为了实现上述目的,本发明人进行了深入研究,结果查明:在现有的激光装置中激光的光输出不稳定或者激光的光输出下降的现象是由从光源向激光介质导波光的光纤的特性引起的。

[0015] 作为从光源向激光介质导波光的光纤,通常使用SI(Step Index)光纤或GI(Graded Index)光纤。SI光纤的纤芯的折射率是一定的,被导波的光的束流剖面容易成为高帽形状。如果射入激光介质的光的束流剖面为高帽形状,则从激光振荡器射出的激光的光输出易于足够大。

[0016] 然而,由于SI光纤的纤芯的折射率是一定的,在纤芯的中心和周边光的传播速度

不同,所以被导波的光的输出容易受到光纤形状变化的影响,容易变得不稳定。如果射入激光介质的光的输出不稳定,则从激光振荡器射出的激光的光输出也容易变得不稳定。因此,在使用SI光纤作为从光源向激光介质导波光的光纤的情况下,从激光振荡器射出的激光的光输出易于足够大,但该输出容易变得不稳定。

[0017] 另一方面,由于GI光纤的纤芯的折射率并非一定且在纤芯的中心和周边光的传播速度相同,所以被导波的光的输出不容易受到光纤形状变化的影响而容易稳定。如果射入激光介质的光的输出稳定,则从激光振荡器射出的激光的光输出也容易稳定。

[0018] 然而,GI光纤的纤芯的折射率并非一定,被导波的光的束流剖面成为高斯波形。如果射入激光介质的光的束流剖面是高斯波形,则从激光振荡器射出的激光的光输出容易下降。因此,在使用GI光纤作为从光源向激光介质导波光的光纤的情况下,从激光振荡器射出的激光的光输出容易稳定,但该输出容易下降。

[0019] 这样,在使用SI光纤和GI光纤中的任一者作为从光源向激光介质导波光的光纤的情况下,都难以获得输出稳定且足够大的激光。本发明人基于该见解进一步深入研究,完成了本发明。

[0020] 即,本发明的激光装置包括:射出光的光源;射入从光源射出的光,对该光进行导波使其射出的光纤;和具有射入有从光纤射出的光的激光介质,并射出激光的光的激光振荡器;其中,光纤具有:构成光射入侧的部分的GI光纤;和与GI光纤接合并构成光射出侧的部分的SI光纤。

[0021] 该激光装置中,由于使从光源射出的光射入的光射入侧的部分的光纤由GI光纤构成,所以由该部分导波的光的输出不容易受到光纤形状变化的影响而容易稳定。此外,由于使被导波的光射出的光射出侧的部分的光纤由SI光纤构成,所以从光纤射出的光的束流剖面容易成为高帽形状。因此,射入激光介质的光的输出容易稳定且束流剖面容易成为高帽形状。由此,采用该激光装置,能够获得输出稳定且足够大的激光。

[0022] 发明效果

[0023] 根据本发明,能够提供一种激光装置,其能够获得输出稳定且足够大的激光。

附图说明

[0024] 图1是第一实施方式的激光装置的结构图。

[0025] 图2是图1的激光装置的SI光纤的夹具的结构图。

[0026] 图3是图1的激光装置的SI光纤的夹具的另一例的结构图。

[0027] 图4是图1的激光装置的SI光纤的夹具的另一例的结构图。

[0028] 图5是评价光纤形状变化的影响的评价方法的概略图。

[0029] 图6是表示光纤形状变化的影响的评价结果的图表。

[0030] 图7是第二实施方式的激光装置的结构图。

[0031] 符号说明

[0032]	1A、1B	激光装置、	2	半导体激光装置、
[0033]	21	半导体激光器、	3	光纤、
[0034]	3a	射入端面、	3b	射出端面、
[0035]	3c	规定部位、	31	GI光纤、

[0036]	32	SI光纤、	33	夹具、
[0037]	4	光学系统、	5	光学谐振器、
[0038]	11	光学放大器、	51	激光介质、
[0039]	52	全反射镜、	53	部分反射镜、
[0040]	L1	激发光(excitation light)	L2	激光、
[0041]	L3	种子光。		

具体实施方式

[0042] 以下,参照附图对本发明的激光装置的实施方式进行详细说明。另外,在各图中,对相同或相当部分标注相同符号,并省略重复的说明。

[0043] (第一实施方式)

[0044] 图1是第一实施方式的激光装置的结构图。如图1所示,激光装置1A包括半导体激光装置2、光纤3、光学系统4和光学谐振器(激光振荡器)5。半导体激光装置2具有半导体激光器21、以及使从半导体激光器21射出的激发光L1汇聚到光纤3的射入端面3a的光学系统。使从作为光源的半导体激光器21射出的激发光L1射入到光纤3的射入端面3a。光纤3对从射入端面3a射入的激发光L1进行导波而从射出端面3b射出。

[0045] 光纤3具有:构成光射入侧的部分(从射入端面3a至光纤3的规定部位3c的部分)的GI光纤31、以及构成光射出侧的部分(从射出端面3b至规定部位3c的部分)的SI光纤32。GI光纤31和SI光纤32在规定的部位3c通过熔化接合等接合起来。GI光纤31的长度优选比SI光纤32的长度更长。在各光纤31、32的长度的一例中,GI光纤31的长度例如为15cm以上,SI光纤32的长度例如为15cm以下。

[0046] 为了抑制接合界面上的光的传播损失,GI光纤31和SI光纤32各自的纤芯径和数值孔径优选以如下方式设定。即,设GI光纤31的纤芯径为 Φ_{GI} 、GI光纤31的数值孔径为 NA_{GI} 、SI光纤32的纤芯径为 Φ_{SI} 、SI光纤32的数值孔径为 NA_{SI} 时,光纤31、32优选:在 $NA_{GI} > NA_{SI}$ 的情况下满足下述式(1),在 $NA_{GI} < NA_{SI}$ 的情况下满足下述式(2)。

[0047] $2\Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI}) \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI})$ (1)

[0048] $2\Phi_{GI} \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI}$ (2)

[0049] 光学系统4是聚光透镜系统,使从光纤3的射出端面3b射出的激发光L1汇聚到光学谐振器5。光学谐振器5具有激光介质51、隔着激光介质51相对的全反射镜52和部分反射镜53。作为激光介质51,可以使用例如在YAG($Y_3Al_5O_{12}$)或YVO₄等激光介质中作为激光活性物种而掺杂有钕(Nd)的固体激光介质。在激光介质51中,射入由光学系统4汇聚的激发光L1,由此激励激光活性物种,释放规定波长的光。

[0050] 全反射镜52一方面使激发光L1透过,另一方面对由激光介质51自然释放的光进行全反射。部分反射镜53与全反射镜52相比,对于由激光介质51自然释放的光的波长具有较低的反射率。全反射镜52和部分反射镜53分别反射由激光介质51释放的光,使该光在彼此之间往复,在激光介质51中产生感应辐射。由此,光学谐振器5从部分反射镜53射出激光的光L2。另外,光学谐振器5可以是全反射镜52至部分反射镜53成为一体的复合晶体。

[0051] 在图1的激光装置1A中,优选SI光纤32以弯曲的状态被固定。图2是图1的激光装置的SI光纤的夹具的结构图。在本结构例中,如图2所示,SI光纤32以利用夹具33而使其弯曲

的状态被固定。夹具33具有板部件34、35。板部件34、35分别具有相互相对的相对面34a、35a。在相对面34a形成有凹状的弯曲面。在相对面35a,形成有与形成于相对面34a的弯曲面互补的凸状弯曲面。由此,板部件34、35能够将SI光纤32夹在相对面34a、35a之间,在弯曲的状态下将其固定。

[0052] 由于SI光纤32的纤芯的折射率是一定的,所以如果将SI光纤32布线成直线配线,则直线前进的激发光L1从纤芯的中央部射出,导致在纤芯的中央部输出变高。与此相对,通过使用夹具33,使直线前进的激发光L1也被纤芯的壁反复进行反射,所以输出在面内方向上变得均匀,被导波的激发光L1的束流剖面成为高帽形状。此外,作为夹具33的具体结构,也能够使用上述结构以外的结构。

[0053] 图3是激光装置的SI光纤的夹具的另一例的结构图。与图2的结构不同之处在于,夹具33在板部件34、35的相对面34a、35a形成有多个弯曲面。由此,能够使SI光纤32沿着弯曲面多次弯曲地固定。

[0054] 图4是激光装置的SI光纤的夹具的又一例的结构图。在本结构例中,如图4所示,夹具33具有箱体36和螺栓37。箱体36具有矩形的底面36a和矩形的侧面36b~36e。在箱体36的相对的侧面36b、36c,在底面36a侧分别设置有贯通孔36f、36g。SI光纤32穿过贯通孔36f、36g,以贯穿箱体36的方式布线。在与箱体36的侧面36b、36c正交的侧面36d,设置有用与螺栓37螺纹配合的螺纹孔36h。螺栓37以在箱体36内由前端部37a按压SI光纤32的方式设置。由此,能够使SI光纤32弯曲地固定。弯曲量能够根据螺栓37的送料量进行调整。

[0055] 另外,SI光纤32在贯通孔36f、36g中,由底面36a和贯通孔36f、36g以在光纤的径向上不移动的方式固定,并且在贯通孔36f、36g间与底面36a接触,所以不容易受到振动等外部应力。此外,也可以构成为,在侧面36d和与侧面36d相对的侧面36e设置多个螺栓37,由此在多个部位按压SI光纤32,从而使其多次弯曲。

[0056] 在如上所述构成的激光装置1A中,从半导体激光器21射出的激发光L1由光纤3导波,由光学系统4汇聚,射入光学谐振器5。射入光学谐振器5的激光介质51的激发光L1激励激光介质51的激光活性物种,释放规定波长的光。在激光介质51中释放的光分别由反射镜52、53反射,在反射镜52、53之间往复,由此在激光介质51中产生感应释放。由此,激光L2从光学谐振器5射出。

[0057] 激发光L1在由光纤3导波时,在构成射入侧的部分的GI光纤31中,输出不容易受到光纤形状变化的影响而容易稳定。此外,激发光L1在SI光纤32中,束流剖面容易成为高帽形状。此外,在上述结构例中,SI光纤32在弯曲的状态下由夹具33固定,所以激发光L1的束流剖面容易更可靠地成为高帽形状。

[0058] 因此,激发光L1的输出稳定,并且在束流剖面成为高帽形状的状态下从光纤3射出。由于这样的激发光L1射入激光介质51,所以从光学谐振器5射出的激光L2的输出稳定且足够大。在激发光L1为高帽形状时,在激光介质51不容易产生复杂的热透镜效应的方面、使激光L2的输出足够大的方面是有利的。在产生热透镜效应时,激光L2的品质容易下降,例如会出现激光L2的光轴发生偏离(指向性下降)、激光L2发散或汇聚(聚光性下降)的情况。

[0059] 这里,对GI光纤31和SI光纤32的特性进行说明。图5是评价光纤形状变化的影响的评价方法的概略图。如图5所示,使用卷筒6和支点7、8,在使光纤3弯曲的状态下支承该光纤3。作为卷筒6,使用直径为300mm的圆筒形卷筒,使光纤3与卷筒6的外周面接触。进一步,设

支点7与支点8之间的距离d为68mm,使光纤3与支点7、8点接触。而且,对于被支承在支点7、8之间因自重而弯曲的光纤3,从支点7、8的相反侧在与因自重而产生的弯曲相同的方向上通过加压部9施加应力。阶段性地改变由加压部9产生的应力,对脉冲能量(PE)和延时进行评价。另外,以布线成直线的情况为基准的情况下,因自重而产生的弯曲是18mm(曲率半径是322mm)。

[0060] 分别在光纤3仅由GI光纤31构成和仅由SI光纤32构成的情况下进行评价。GI光纤31和SI光纤32都使用长度相同并且容许曲率半径为150mm以上的光纤。不使用夹具33。

[0061] 在表1和图6中示出用以上方法进行了评价的光纤形状变化的影响的评价结果。图6是对表1作图的结果。表1中的PE相对值是使作为容许曲率半径付近的曲率半径为154mm时的PE为100时的相对值。曲率半径基于支点7、8之间的距离d和加压时的加压部9的位置大致计算。

[0062] [表1]

[0063]

弯曲 (mm)	曲率半径 (mm)	SI 光纤			GI 光纤		
		PE (μ J)	PE 相对值 (%)	延时 (μ s)	PE (μ J)	PE 相对值 (%)	延时 (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	停止振荡	停止振荡	-	254	100.0	420
5.8	103	停止振荡	停止振荡	-	250	98.4	420
6.8	88	停止振荡	停止振荡	-	250	98.4	440

[0064] 此外,在光纤3因自重而弯曲的状态下,使半导体激光器21的温度调整、光学谐振器5的温度调整最优化,对脉冲能量进行评价,将评价结果表示在表2中。

[0065] [表2]

[0066]

	PE (μ J)	延时 (μ s)	谐振器温度 (%)	半导体激光器驱动条件
SI 光纤	370	380	22	QCW40A (100Hz、500 μ s...占空比 5%) 在 29°C
GI 光纤	249	416	20	QCW40A (100Hz、500 μ s...占空比 5%) 在 29°C

[0067] 根据表1可知,在光纤形状变化是曲率半径为137mm以上的范围内,与使用GI光纤31的情况相比,在使用SI光纤32的情况下能够获得脉冲能量更高的激光L2。但是,在光纤形状变化是曲率半径为123mm以下的范围内,在使用GI光纤31的情况下能够获得稳定的脉冲能量的激光L2,而在使用SI光纤32的情况下停止振荡。此外,关于延时,与使用SI光纤32的

情况相比,在使用GI光纤31的情况下变化更小且稳定。

[0068] 即,关于对应于外部应力的输出变化特性,可以明确GI光纤31比SI光纤32更优异。此外,根据表2可知,在使半导体激光器21的温度调整、光学谐振器5的温度调整最优化的状态下,GI光纤31的脉冲能量是SI光纤32的60%左右。

[0069] 如以上说明的那样,在本实施方式的激光装置1A中,使从半导体激光器21射出的激发光L1射入的光射入侧的部分(从射入端面3a至光纤3的规定部位3c的部分)的光纤3由GI光纤31构成。此外,射出被导波的激发光L1的光射出侧的部分(从射出端面3b至规定部位3c的部分)的光纤3由SI光纤32构成。

[0070] GI光纤31的长度优选比SI光纤32的长度长,例如是15cm以上。采用GI光纤31的结果,被导波的激发光L1的输出不容易受到光纤形状变化的影响而容易稳定。因此,在上述的结构例中,光纤3作为整体不容易受到形状变化的影响的部分的长度较长,被导波的激发光L1的输出容易稳定。另一方面,在上述的情况下,SI光纤32的长度较短,例如为15cm以下。采用SI光纤32的结果,被导波的激发光L1的输出容易受到光纤形状变化的影响而难以稳定,不过由于SI光纤32的长度较短,所以能够将其影响抑制得较小。

[0071] 此外,采用SI光纤32的结果,从光纤3射出的激发光L1的束流剖面容易成为高帽形状。因此,采用光纤3的结果,射入到激光介质51的激发光L1的输出容易稳定且束流剖面容易成为高帽形状。因此,从光学谐振器5射出的激光L2的输出也稳定。

[0072] 而且,在激光装置1A中,SI光纤32由夹具33在弯曲的状态下被固定。由此,即使在SI光纤32部分的长度较短的情况下,从光纤3射出的激发光L1的束流剖面也容易成为高帽形状。此外,通过将SI光纤32固定,不容易产生SI光纤32的缺点,即被导波的光的输出容易受到光纤形状变化的影响而容易变得不稳定的缺点。因此,根据该激光装置1A,能够获得输出稳定且足够大的激光L2。

[0073] 此外,激光装置1A中,由于能够将半导体激光装置2和光学谐振器5分离地设置,所以能够抑制驱动半导体激光器21时的热的影响波及到激光介质51。而且,也能够容易地设置在不能将半导体激光器21和光学谐振器5配置于同一场所的空间内。除此以外,由于使用光纤3传播激发光L1,所以即使在激光L2的波长不适于用光纤3传播的情况下,也能够使用光纤3构成激光装置1A。

[0074] 此外,在激光装置1A中,GI光纤31的长度较长,由GI光纤31部分导波的激发光L1的输出不容易受到光纤形状变化的影响而容易稳定,从而能够进一步提高半导体激光装置2和光学谐振器5的配置设计的自由度。例如即使在如果不使光纤3的大部分弯曲就无法配置的更狭窄的空间或复杂的空间内,由于只要不弯曲使用SI光纤32的光纤3的光射出侧部分就可以,所以也能够容易地实现配置。

[0075] 此外,激光装置1A中,设GI光纤31的纤芯径为 Φ_{GI} 、GI光纤31的数值孔径为 NA_{GI} 、SI光纤32的纤芯径为 Φ_{SI} 、SI光纤32的数值孔径为 NA_{SI} 时,优选:在 $NA_{GI} > NA_{SI}$ 的情况下满足下述式(1),在 $NA_{GI} < NA_{SI}$ 的情况下满足下述式(2)。由此,能够使从GI光纤31射出的激发光L1原理上全部射入SI光纤32。因此,能够抑制GI光纤31与SI光纤32的接合界面上的激发光L1的传播损失。

$$[0076] \quad 2\Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI}) \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI}) \quad (1)$$

$$[0077] \quad 2\Phi_{GI} \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI} \quad (2)$$

[0078] 此外,在激光装置1A中,使用半导体激光器21作为射出光的光源,所以光量的调整比较容易,能够获得适合的激发光L1。

[0079] [第二实施方式]

[0080] 图7是第二实施方式的激光装置的结构图。如图7所示,激光装置1B与激光装置1A的主要不同之处在于,前者具有光学放大器(激光振荡器)11来替代光学谐振器5。光学放大器11具有激光介质51。作为激光介质51,可以使用例如在YAG($Y_3Al_5O_{12}$)或YVO₄等激光介质中作为激光活性物种而掺杂有钕(Nd)的固体激光介质。在激光介质51中,分别射入由光学系统4汇聚的激发光L1和从其他光源(图7中示意地表示的光源25)射出的种子光L3。激光介质51利用激发光L1激励激光活性物种,并且利用种子光L3产生感应释放,种子光L3被放大。由此,光学放大器11射出激光L2。

[0081] 在如上所述构成的激光装置1B中,从半导体激光器21射出的激发光L1由光纤3导波,由光学系统4汇聚,射入光学放大器11。射入光学放大器11的激光介质51的激发光L1激励激光介质51的激光活性物种。射入到激光介质51的种子光L3使激光介质51产生感应释放而被放大。由此,激光L2从光学放大器11射出。

[0082] 与在激光装置1A中的情况一样,激发光L1以输出稳定并且束流剖面成为高帽形状的状态从光纤3射出。由于这样的激发光L1射入激光介质51,所以从光学放大器11射出的激光L2的输出稳定且足够大。在激发光L1为高帽形状时,激光介质51不容易产生复杂的热透镜效应,因此也使激光L2的输出足够大,所以是有利的。

[0083] 如以上所说明的那样,与激光装置1A一样,该激光装置1B具有光纤3,其中,光射入侧的部分(从射入端面3a至光纤3的规定部位3c的部分)的光纤3由GI光纤31构成,射出被导波的激发光L1的光射出侧的部分(从射出端面3b至规定部位3c的部分)的光纤3由SI光纤32构成。采用光纤3的结果,射入激光介质51的激发光L1的输出容易稳定且束流剖面容易成为高帽形状。因此,从光学放大器11射出的激光L2的输出也稳定且足够大。因此,采用该激光装置1B能够获得输出稳定且足够大的激光L2。

[0084] 以上,对本发明的实施方式进行了说明,不过本发明不限于上述各实施方式。例如也可以是从光纤3射出的光作为种子光L3射入光学放大器11的激光介质51的结构。在使用从光纤3射出的光作为种子光L3的情况下,种子光L3的输出容易稳定,所以从激光装置1B射出的激光L2的输出也容易稳定。进一步,由于容易获得高帽形状的激光L2,所以例如在使激光L2射入反射镜的情况下,由于是高帽形状,激光L2的能量不会集中在反射镜的一部分,反射镜不易破损。因此,容易实现激光L2的高输出化,能够用于激光加工等要求激光的高输出的领域。

[0085] 此外,至于射入光学放大器11的激光介质51的激发光L1和种子光L3双方,也可以使用从光纤3射出的光。由此,从激光装置1B射出的激光L2的输出更容易稳定且足够大。

[0086] 此外,也可以使激发光L1射入光学放大器11的激光介质51的多个部位。由此,激光介质51不容易产生热透镜效应。在图7中,为了简化,对在1个部位射入激发光L1的结构进行了说明,不过为了防止热分布的产生,通常的情况是在多个部位射入激发光L1的结构。

[0087] 此外,在图7中,对侧面激发型(即,使激发光L1射入光学放大器11的激光介质51的侧面的情况)进行了说明,不过也可以是端面激发型(即,使激发光L1射入激光介质51的端面)。也可以使激发光L1射入激光介质51的两端面。

[0088] 在上述实施方式的激光装置中,包括:使光射出的光源;射入从光源射出的光,对该光进行导波使其射出的光纤;和具有射入从光纤射出的光的激光介质,并射出激光的激光振荡器;其中,光纤包括构成光射入侧部分的GI光纤、以及与GI光纤接合且构成光射出侧部分的SI光纤。

[0089] 在上述结构的激光装置中可以采用GI光纤的长度比SI光纤的长度更长的结构。在该情况下,GI光纤部分较长,在该部分被导波的光的输出不容易受到光纤形状变化的影响而容易稳定,所以能够提高光源与激光振荡器的配置设计的自由度。

[0090] 在上述结构的激光装置中,SI光纤可以采用以弯曲的状态被固定的结构。在该情况下,即使SI光纤部分的长度较短,从光纤射出的光的束流剖面也容易成为高帽形状。

[0091] 上述结构的激光装置可以采用如下结构:设GI光纤的纤芯径为 Φ_{GI} ,GI光纤的数值孔径为 NA_{GI} ,SI光纤的纤芯径为 Φ_{SI} ,SI光纤的数值孔径为 NA_{SI} 时,在 $NA_{GI} > NA_{SI}$ 的情况下满足下述式(1),在 $NA_{GI} < NA_{SI}$ 的情况下满足下述式(2)。

[0092] $2\Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI}) \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI}(NA_{SI}/NA_{GI})$ (1)

[0093] $2\Phi_{GI} \geq \Phi_{SI} \geq \Phi_{GI}$ (2)

[0094] 通过采用上述结构,能够使从GI光纤射出的光高效地射入SI光纤。因此,能够抑制GI光纤与SI光纤的接合界面的光的传播损失。

[0095] 在上述结构的激光装置中,光源可以是半导体激光器。这种光源适于作为激光振荡器的激发光或种子光的光源。

[0096] 在上述结构的激光装置中,激光振荡器可以采用使从光纤射出的光作为激发光射入激光介质的光学谐振器。在该情况下,对于射入激光介质的激发光而言,其输出容易稳定且束流剖面容易成为高帽形状。由于使用这样的激发光,所以从光学谐振器射出的激光的输出容易稳定且容易足够大。

[0097] 在上述结构的激光装置中,激光振荡器可以采用使从光纤射出的光作为激发光射入激光介质的光学放大器。在该情况下,对于射入激光介质的激发光而言,其输出容易稳定且束流剖面容易成为高帽形状。由于使用这样的激发光,所以从光学放大器射出的激光的输出容易稳定且容易足够大。

[0098] 在上述结构的激光装置中,激光振荡器可以采用使从光纤射出的光作为种子光射入激光介质的光学放大器。在该情况下,对于射入激光介质的种子光而言,其输出容易稳定且束流剖面容易成为高帽形状。由于使用这样的种子光,所以从光学放大器射出的激光的输出容易稳定且容易足够大。

[0099] 产业上的可利用性

[0100] 本发明能够作为能获得输出稳定且足够大的激光的激光装置加以利用。

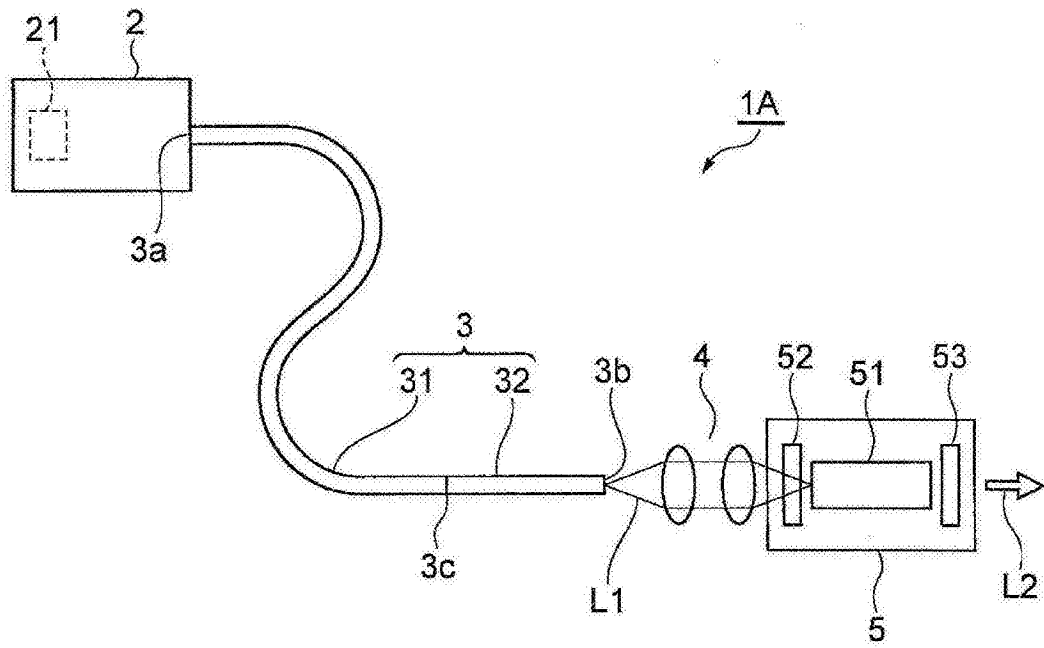


图1

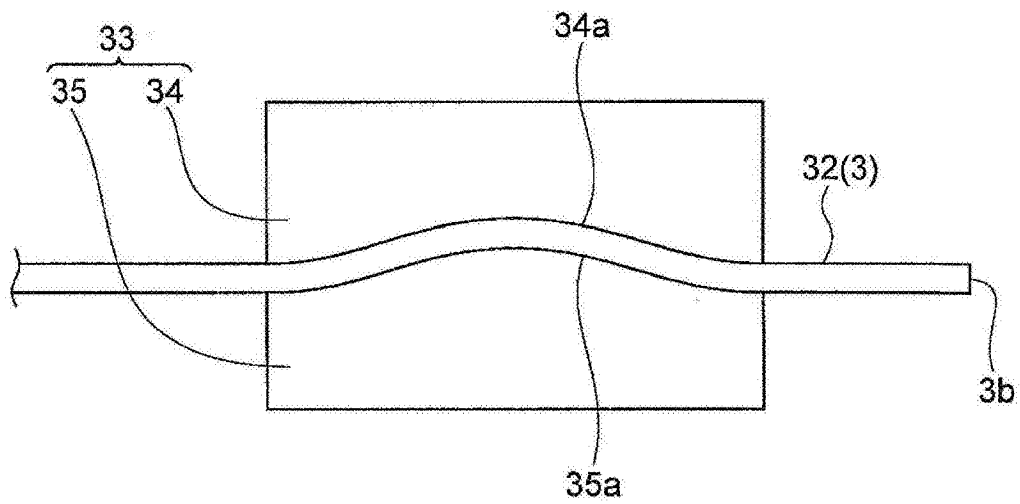


图2

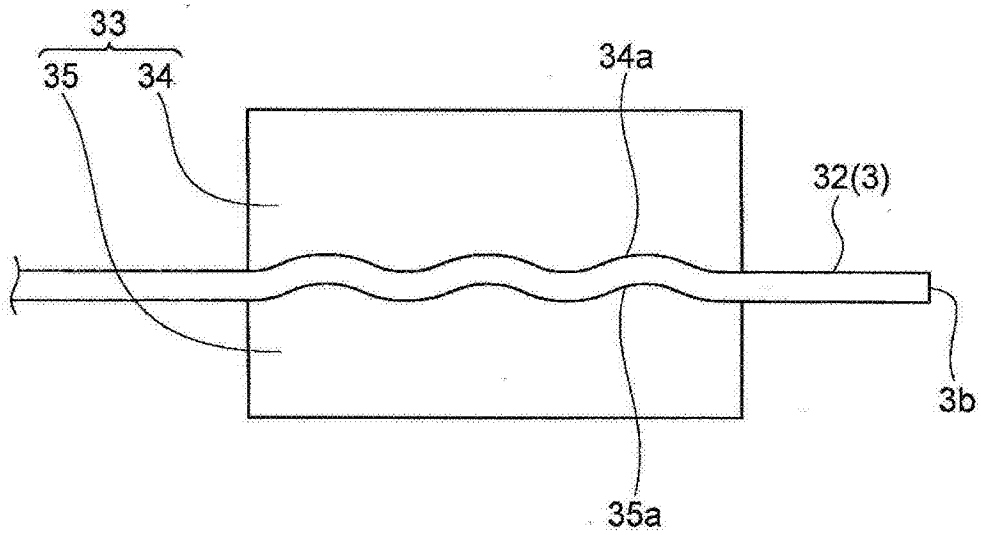


图3

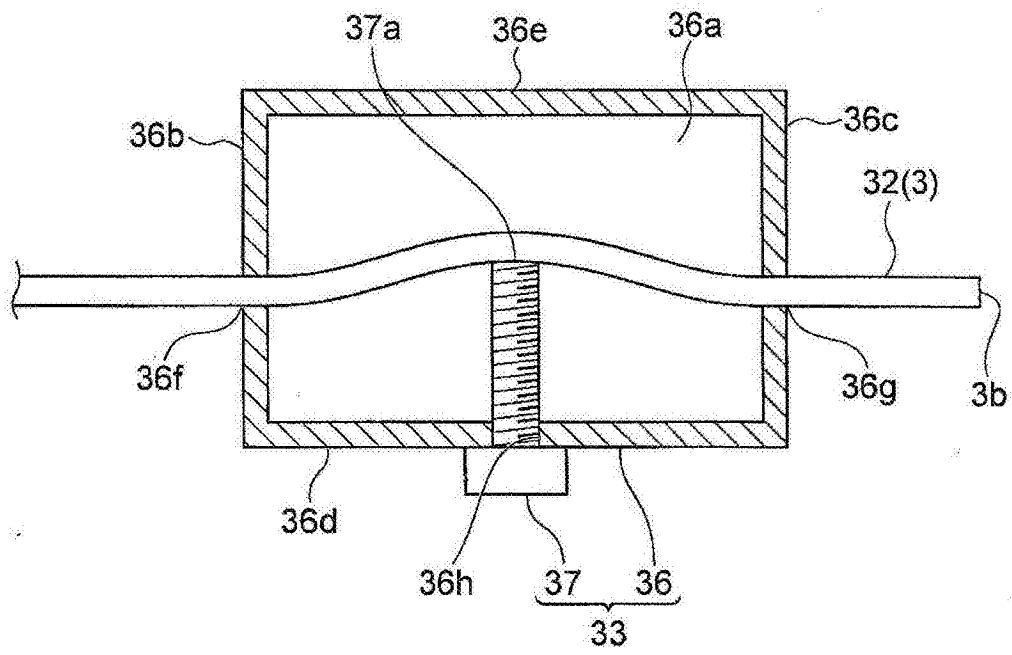


图4

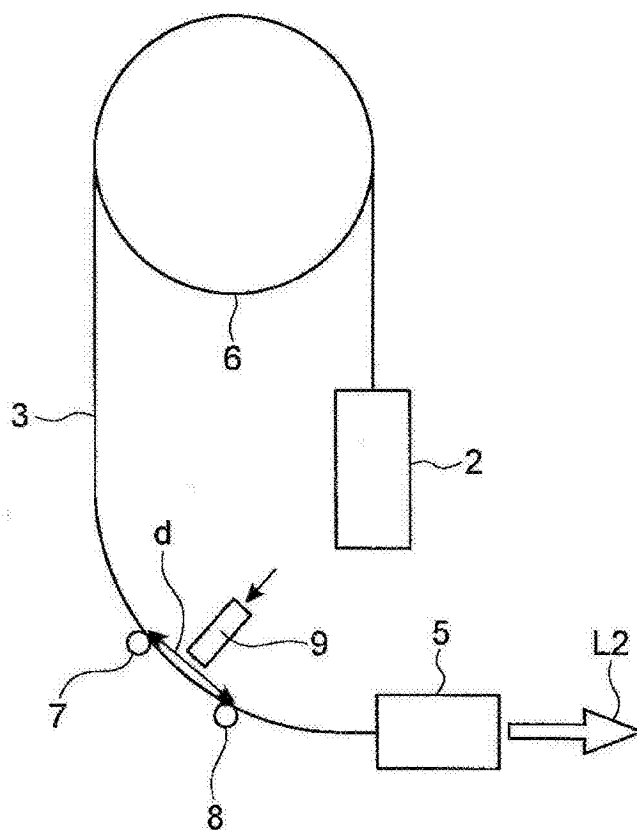


图5

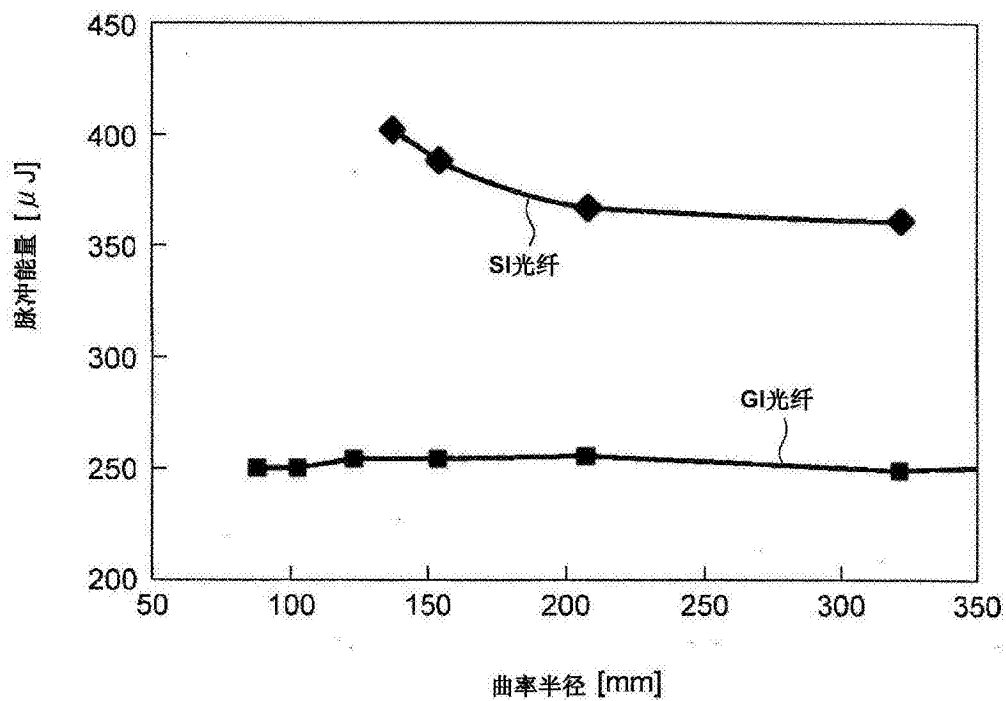


图6

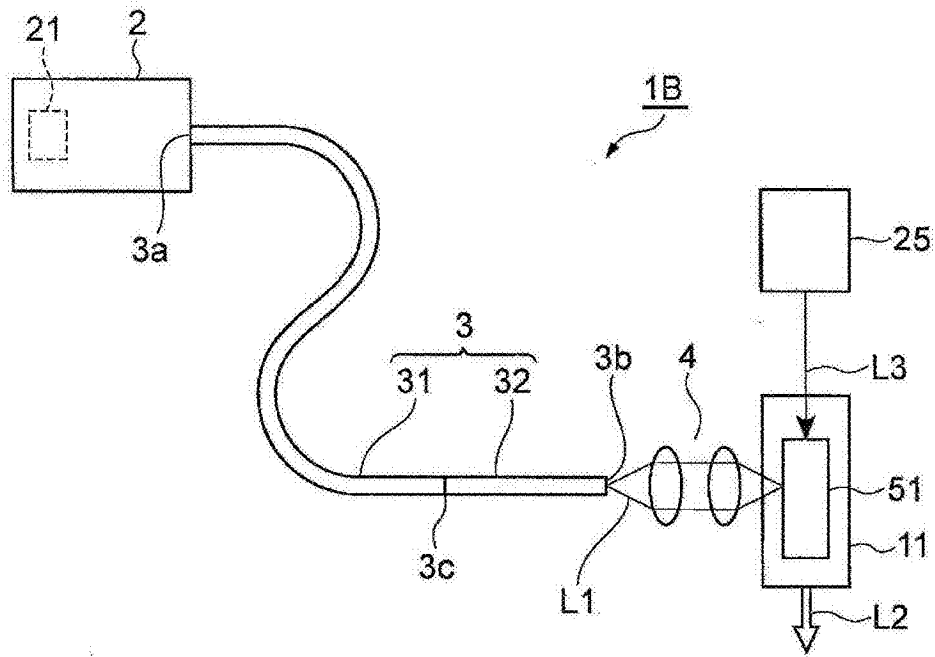


图7