(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119452535 A
(43)申请公布日 2025.02.14

(21)申请号 202280097614.9
(22)申请日 2022.07.04
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.12.27
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/026538 2022.07.04
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2024/009337 JA 2024.01.11
(71)申请人 三菱电机株式会社
地址 日本东京都
(72)发明人 大田伸夫 西山伸彦
(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 马建军 欧阳柳青
(51)Int.Cl.
H01S 5/14(2006.01)
G02B 6/122(2006.01)
G02B 6/125(2006.01)

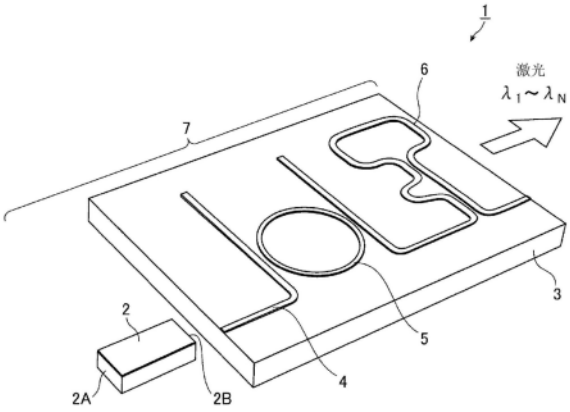
权利要求书4页 说明书16页 附图11页

(54)发明名称

多模激光器

(57)摘要

多模激光器(1)的特征在于,具有:半导体放大器(2);以及激光谐振器(7),其构成于环路镜(6)与半导体放大器(2)之间,该环路镜(6)由形成于半导体基板(3)的波导构成,环路镜(6)的反射率的特性形状在振荡波长范围内为凸形。



CN 119452535 A

1.一种多模激光器,其特征在于,所述多模激光器具有:

半导体放大器;以及

激光谐振器,其构成于环路镜与所述半导体放大器之间,该环路镜由形成于基板的波导构成,

所述环路镜的反射率的特性形状在振荡波长范围内为凸形。

2.根据权利要求1所述的多模激光器,其特征在于,

所述半导体放大器具有量子点的活性层。

3.根据权利要求1所述的多模激光器,其特征在于,

所述环路镜具有:

第1定向耦合器,其是彼此相邻的波导;

第2定向耦合器,其具有与所述第1定向耦合器相同的波导宽度;

波导对,其设置于所述第1定向耦合器与所述第2定向耦合器之间,一个波导是弯曲波导;以及

环路波导,其与所述第2定向耦合器光学耦合。

4.根据权利要求1所述的多模激光器,其特征在于,

所述环路镜具有:

第1定向耦合器,其是彼此相邻的波导;

第2定向耦合器,其具有与所述第1定向耦合器相同的波导宽度;

非耦合波导,其至少一个波导具有与所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器不同的波导宽度;

第1传播常数转换波导,其设置于所述第1定向耦合器与所述非耦合波导之间,从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化;

第2传播常数转换波导,其设置于所述非耦合波导与所述第2定向耦合器之间,从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化;以及

环路波导,其与所述第2定向耦合器光学耦合。

5.根据权利要求4所述的多模激光器,其特征在于,

所述非耦合波导的一个波导具有比所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器窄的波导宽度,

从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止,所述第1传播常数转换波导的波导宽度逐渐减小,

从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止,所述第2传播常数转换波导的波导宽度逐渐增加。

6.根据权利要求4或5所述的多模激光器,其特征在于,

所述非耦合波导的一个波导具有比所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器宽的波导宽度,

从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止,所述第1传播常数转换波导的波导宽度逐渐增加,

从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止，所述第2传播常数转换波导的波导宽度逐渐减小。

7.一种多模激光器，其特征在于，所述多模激光器具有：

半导体放大器；以及

激光谐振器，其以在由形成于基板的波导构成的第1环路镜与第2环路镜之间配置有所述半导体放大器的方式构成，

所述第1环路镜的反射率的特性形状在振荡波长范围内为凸形。

8.根据权利要求7所述的多模激光器，其特征在于，

所述半导体放大器具有量子点的活性层。

9.根据权利要求7所述的多模激光器，其特征在于，

所述第1环路镜具有：

第1定向耦合器，其是彼此相邻的波导；

第2定向耦合器，其具有与所述第1定向耦合器相同的波导宽度；

波导对，其设置于所述第1定向耦合器与所述第2定向耦合器之间，一个波导是弯曲波导；以及

环路波导，其与所述第2定向耦合器光学耦合。

10.根据权利要求7所述的多模激光器，其特征在于，

所述第1环路镜具有：

第1定向耦合器，其是彼此相邻的波导；

第2定向耦合器，其具有与所述第1定向耦合器相同的波导宽度；

非耦合波导，其至少一个波导具有与所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器不同的波导宽度；

第1传播常数转换波导，其设置于所述第1定向耦合器与所述非耦合波导之间，从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止，波导宽度逐渐变化；

第2传播常数转换波导，其设置于所述非耦合波导与所述第2定向耦合器之间，从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止，波导宽度逐渐变化；以及

环路波导，其与所述第2定向耦合器光学耦合。

11.根据权利要求10所述的多模激光器，其特征在于，

所述非耦合波导的一个波导具有比所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器窄的波导宽度，

从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止，所述第1传播常数转换波导的波导宽度逐渐减小，

从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止，所述第2传播常数转换波导的波导宽度逐渐增加。

12.根据权利要求10或11所述的多模激光器，其特征在于，

所述非耦合波导的一个波导具有比所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器宽的波导宽度，

从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止，所述第1传播常数转换波导的波导宽度逐渐增加，

从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止，所述第2传播常数转换波导的波导宽度逐渐减小。

13.根据权利要求7所述的多模激光器，其特征在于，

所述第2环路镜的反射率的特性形状在振荡波长范围内为凸形。

14.根据权利要求13所述的多模激光器，其特征在于，

所述第2环路镜具有：

第1定向耦合器，其是彼此相邻的波导；

第2定向耦合器，其具有与所述第1定向耦合器相同的波导宽度；

波导对，其设置于所述第1定向耦合器与所述第2定向耦合器之间，一个波导是弯曲波导；以及

环路波导，其与所述第2定向耦合器光学耦合。

15.根据权利要求13所述的多模激光器，其特征在于，

所述第2环路镜具有：

第1定向耦合器，其是彼此相邻的波导；

第2定向耦合器，其具有与所述第1定向耦合器相同的波导宽度；

非耦合波导，其至少一个波导具有与所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器不同的波导宽度；

第1传播常数转换波导，其设置于所述第1定向耦合器与所述非耦合波导之间，从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止，波导宽度逐渐变化；

第2传播常数转换波导，其设置于所述非耦合波导与所述第2定向耦合器之间，从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止，波导宽度逐渐变化；以及

环路波导，其与所述第2定向耦合器光学耦合。

16.根据权利要求15所述的多模激光器，其特征在于，

所述非耦合波导的一个波导具有比所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器窄的波导宽度，

从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止，所述第1传播常数转换波导的波导宽度逐渐减小，

从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止，所述第2传播常数转换波导的波导宽度逐渐增加。

17.根据权利要求15或16所述的多模激光器，其特征在于，

所述非耦合波导的一个波导具有比所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器宽的波导宽度，

从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止，所述第1传播常数转换波导的波导宽度逐渐增加，

从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止，

所述第2传播常数转换波导的波导宽度逐渐减小。

18.根据权利要求9或14所述的多模激光器,其特征在于,

所述多模激光器具有相位调整部,所述相位调整部分别设置于所述弯曲波导、与该弯曲波导光学耦合的所述第1定向耦合器和与所述弯曲波导光学耦合的所述第2定向耦合器,对在波导中传播的光的相位进行调整。

19.根据权利要求10～12、15～17中的任意一项所述的多模激光器,其特征在于,

所述多模激光器具有相位调整部,所述相位调整部分别设置于所述非耦合波导、所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器,对在波导中传播的光的相位进行调整。

多模激光器

技术领域

[0001] 本公开涉及多模激光器。

背景技术

[0002] 随着近年来的光通信的大容量化,采用了波长复用调制(以下称作WDM)方式的光通信模块正在普及。在光通信模块中,例如使用多模激光器。多模激光器是射出多模激光的激光装置。例如,在非专利文献1中记载了如下的多模激光器:为了实现光通信模块的小型化,组合了增益介质和通过硅光子技术制作的器件(以下称作硅光子器件)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 非专利文献

[0005] 非专利文献1:Nami Yasuoka,et al.,“External-Cavity Quantum-Dot Laser with Silicon Photonics Waveguide Mirror for Four-Wavelength Simultaneous Oscillation with an800GHzChannelSpacing,”ISLC2016 ThA2.

发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 在非专利文献1记载的多模激光器中,存在如下的课题:在预定的振荡波长范围以外也产生激光振荡,由此,电力效率降低。

[0008] 本公开解决上述课题,其目的在于,得到如下的多模激光器:能够抑制振荡波长范围以外的激光振荡而提高电力效率。

[0009] 用于解决课题的手段

[0010] 本公开的多模激光器具有:半导体放大器;以及激光谐振器,其构成于环路镜与半导体放大器之间,该环路镜由形成于基板的波导构成,环路镜的反射率的特性形状在振荡波长范围内为凸形。

[0011] 发明效果

[0012] 根据本公开,激光谐振器构成于半导体放大器与环路镜之间,环路镜的反射率的特性形状在振荡波长范围内为凸形。振荡波长范围以外的波长的激光的振荡被抑制,因此,本公开的多模激光器能够抑制振荡波长范围以外的激光振荡而提高电力效率。

附图说明

[0013] [图1]是示出实施方式1的多模激光器的立体图。

[0014] [图2]是示出实施方式1中的环路镜的俯视图。

[0015] [图3]图3A和图3B是示出现有的多模激光器的特性的图。

[0016] [图4]图4A和图4B是示出实施方式1的多模激光器的特性的图。

[0017] [图5]是示出实施方式1中的环路镜的变形例(1)的俯视图。

[0018] [图6]是示出实施方式1中的环路镜的变形例(2)的俯视图。

[0019] [图7]是示出实施方式2的多模激光器的立体图。

[0020] [图8]是示出实施方式2中的环路镜的反射特性的曲线图。

[0021] [图9]是示出实施方式2中的环路镜的变形例(1)的俯视图。

[0022] [图10]是示出实施方式2中的环路镜的变形例(2)的俯视图。

[0023] [图11]是示出实施方式2中的环路镜的变形例(3)的俯视图。

具体实施方式

[0024] 实施方式1

[0025] 图1是示出实施方式1的多模激光器1的立体图。多模激光器1是射出期望的振荡波长范围的波长λ_1～λ_N的激光的激光器。N为2以上的整数。如图1所示,多模激光器1具有半导体放大器2和半导体基板3。半导体放大器2对激光进行放大。在半导体基板3形成有波导4,通过该波导4构成环形谐振滤波器5和环路镜6。多模激光器1的激光谐振器7构成于半导体放大器2与环路镜6之间,该环路镜6设置于半导体基板3上。

[0026] 在半导体放大器2的后方面2A(与激光的出射面2B相反一侧的面)被实施HR(High Reflection:高反射)涂层。在被实施HR涂层后的后方面2A中,在包含期望的振荡波长范围的宽波段中得到高反射率。进而,在半导体放大器2中的激光的出射面2B被实施AR(Anti Reflection:减反射)涂层。通过AR涂层,能够使出射面2B处的激光的反射大致为0。通过在半导体放大器2中流过电流,将在半导体放大器2中产生的自然放射光作为种子进行放大。此外,半导体放大器2的出射面2B与形成于半导体基板3的波导4的端部光学耦合。

[0027] 半导体放大器2例如使用具有量子点的活性层的半导体放大器(以下称作量子点半导体放大器)。量子点半导体放大器是每个振荡波长的激光中叠加的噪声少的放大器,因此,适合于多模激光器1。另外,多模激光器1还能够使用其他种类的半导体放大器。例如,作为半导体放大器2,也可以使用量子阱半导体放大器。

[0028] 半导体基板3是形成有使光传播的波导的基板。在半导体基板3上,除了设置有作为光的传输路径发挥功能的波导4以外,还设置有由波导构成的环形谐振滤波器5和环路镜6。半导体基板3例如是硅基板,使用硅光子技术,通过硅波导构成波导4、环形谐振滤波器5和环路镜6。另外,半导体基板3也可以使用氮化硅(SiN)基板。此外,波导也可以是有机类的波导。

[0029] 环形谐振滤波器5使期望的振荡波长范围内的每隔预定的波长间隔的光(波长λ_1～λ_N的激光)通过。例如,环形谐振滤波器5以光通信用的波长间隔射出激光。另外,在没有环形谐振滤波器5的情况下,在输出光的波长与波长之间产生数万的波长的光,输出功率被分散。

[0030] 在多模激光器1中,将在半导体放大器2中流过电流而产生的自然放射光作为种子,在作为大致全反射的HR镜发挥功能的后方面2A与反射率的特性形状在期望的振荡波长范围内为凸形的环路镜6之间产生法布里珀罗谐振。利用激光谐振器7中的环形谐振滤波器5决定能够通过的波长的光,仅通过波长的光进行激光振荡。

[0031] 与环形谐振滤波器5同样,环路镜6由形成于半导体基板3上的波导构成,在与半导体放大器2之间构成激光谐振器7。图2是示出实施方式1中的环路镜6的俯视图。如图2所示,环路镜6是具有马赫曾德尔干涉仪(以下称作MZ干涉仪)8和环路波导9的萨尼亚克(Sagnac)

环路镜。

[0032] MZ干涉仪8具有定向耦合器10A、定向耦合器10B和包含弯曲波导11的波导对。环路波导9是形成为环路状的波导,与定向耦合器10B光学耦合。如图2中虚线包围所示,定向耦合器10A是由彼此相邻的相同宽度的波导构成的第1定向耦合器。定向耦合器10B是具有与定向耦合器10A相同的波导宽度的第2定向耦合器,由彼此相邻的相同宽度的波导构成。此外,在定向耦合器10A和定向耦合器10B中,波导的长度彼此不同。例如,如图2所示,形成为定向耦合器10B比定向耦合器10A长。但是,在定向耦合器10A和定向耦合器10B中,波导的长度也可以彼此相同。设置于定向耦合器10A与定向耦合器10B之间的波导对的一个波导为弯曲波导11。

[0033] 图2中的上述波导对的纸面左侧的波导为弯曲波导11,但是,也可以是,纸面右侧的波导为弯曲波导。此外,在图2中,示出弯曲部分为一个的弯曲波导11,但是,也可以是具有多个弯曲部分的弯曲波导,还可以将上述波导对的两个波导设为弯曲波导。例如,在将纸面左侧的波导设为向右弯曲的弯曲波导,将纸面右侧的波导设为向右弯曲的弯曲波导的情况下,左右的弯曲波导的长度彼此不同即可。即,波导对的左右的波导中的光的传播特性产生差分且该差分为期望的值即可。通过这样构成环路镜6,能够使环路镜6的反射率的特性形状在期望的振荡波长范围内成为凸形。

[0034] 图3A是示出现有的多模激光器中的环路镜的反射特性的曲线图,示出现有的一般的环路镜的反射特性。图3B是示出现有的多模激光器的激光振荡特性的曲线图,示出模拟了在具有图3A的反射特性的环路镜与半导体放大器之间构成的激光谐振器的激光振荡特性的结果。另外,激光谐振是将对半导体放大器流过100mA的电流而产生的自然放射光作为种子的法布里珀罗谐振。

[0035] 如图3A所示,现有的一般的环路镜具有相对于波长为大致固定的反射率的反射特性。例如,在非专利文献1记载的多模激光器中,在作为增益介质的半导体放大器与环路镜之间进行谐振的光的波长间隔由谐振器滤波器来决定。此外,在激光谐振器中,当环路镜使光返回到半导体放大器时,光被放大而进行激光振荡。在使光返回到半导体放大器的反射率小的情况下,能够从环路镜的端部取出的光输出功率增加。但是,在环路镜的反射率过小的情况下,无法取得足够的光子密度,不会进行激光振荡。

[0036] 如图3A所示,现有的环路镜相对于由谐振器滤波器决定的全部波长具有大致固定的反射率,由此,在激光谐振器中,对由谐振器滤波器决定的全部波长的光赋予大致固定的增益。由此,在现有的多模激光器中,包含由谐振器滤波器决定的波长的宽波长范围的光进行谐振,如图3B所示,激光振荡特性成为与半导体放大器的增益形状对应的振荡特性。因此,从振荡波长范围A偏离的波长的光也进行振荡,电力效率降低。

[0037] 与此相对,多模激光器1具有反射率的特性形状在期望的振荡波长范围A内为凸形的环路镜6,由此防止从振荡波长范围A偏离的波长的光进行振荡。由此,在半导体放大器2中,在进行振荡的波长侧的光放大中使用载流子,因此,在振荡波长范围A内,能够实现波长间的光输出之差小的均匀的激光振荡。

[0038] 图4A是示出实施方式1的多模激光器1中的环路镜6的反射特性的曲线图。图4B是示出多模激光器1的激光振荡特性的曲线图,示出模拟了在具有图4A的反射特性的环路镜6与半导体放大器2之间构成的激光谐振器7的激光振荡特性的结果。另外,激光谐振是将对

半导体放大器2流过100mA的电流而产生的自然放射光作为种子的法布里珀罗谐振。

[0039] 在环路镜6具有图4A所示的反射特性的情况下,针对小于1265nm的波长的光和超过1295nm的波长的光的反射率小,相应地,光从环路镜6透过的比例即透射率变高。此时,在激光谐振器7中,不会产生激光振荡,来自激光谐振器7的光输出也变高。

[0040] 另一方面,针对作为期望的振荡波长范围A的1265nm～1295nm的范围,环路镜6的反射率为图3A所示的相同范围的反射率以上,相应地,环路镜6的透射率变低,因此,很难从激光谐振器7输出,会产生激光谐振。

[0041] 关于环路镜6的反射率大的波长的光,半导体放大器2的增益也大,关于环路镜6的反射率小的波长的光,半导体放大器2的增益小。在增益比激光谐振器7中的光的损耗大的情况下,该光进行谐振而不会从激光谐振器7输出,增益比损耗小的光不进行谐振而从激光谐振器7输出。

[0042] 即,在激光谐振器7中,在半导体放大器2的增益与整体的损耗之差为负的情况下不进行振荡,在半导体放大器2的增益与整体的损耗之差为正时产生振荡。环路镜6的反射特性的凸形中反射率小的边缘部分的增益小,因此,不进行振荡,光输出增加。与反射率大的顶点附近对应的波长的光的增益大,因此,在激光谐振器7中较强地进行振荡。

[0043] 与反射率大的顶点附近对应的波长的光被输出的比例由环路镜6的透射率来决定,因此,通过调整环路镜6针对各波长的光的透射率,能够使光输出变得均匀。另外,理想情况下,透射率＝1-反射率的关系成立,因此,能够根据反射率来设定环路镜6的透射率。

[0044] 此外,图2所示的环路镜6通过使在波导中传播的光的相位变化,使反射率的特性形状成为凸形。例如,通过弯曲波导11来改变纸面左右的波导的长度,即,改变与光的行进量对应的相位。进而,使定向耦合器10A具有某个周期的波长特性,在定向耦合器10B中,使其具有与定向耦合器10A不同的周期的波长特性。通过调整它们,能够使环路镜6的反射率的特性形状成为凸形。

[0045] 另外,在环路镜6中,除了定向耦合器10A、弯曲波导11和定向耦合器10B以外,还追加弯曲波导和定向耦合器,由此,反射特性的调整自由度增加。例如,能够实现某个波长的光100％反射且其他波长的光完全不反射的、与光的波长有关的带通滤波器这样的环路镜。

[0046] 图5是示出实施方式1中的环路镜6的变形例(1)即环路镜6A的俯视图。环路镜6A具有定向耦合器10A、定向耦合器10B、传播常数转换波导12A、非耦合波导13和传播常数转换波导12B。环路波导9是形成为环路状的波导,与定向耦合器10B光学耦合。如图5中虚线包围所示,定向耦合器10A是由彼此相邻的相同宽度的波导构成的第1定向耦合器。定向耦合器10B是具有与定向耦合器10A相同的波导宽度的第2定向耦合器,由彼此相邻的相同宽度的波导构成。此外,在定向耦合器10A和定向耦合器10B中,波导的长度彼此不同。例如,如图5所示,形成为定向耦合器10B比定向耦合器10A长。但是,在定向耦合器10A和定向耦合器10B中,波导的长度也可以彼此相同。

[0047] 非耦合波导13是至少一个波导具有与定向耦合器10A和定向耦合器10B不同的波导宽度的波导。例如,如图5所示,非耦合波导13具有比定向耦合器10A和定向耦合器10B窄的波导宽度。非耦合波导13的相邻的波导中的一方成为窄波导宽度,波导间的距离成为不进行光学耦合即不进行模耦合的距离。

[0048] 传播常数转换波导12A是如下的第1传播常数转换波导:设置于定向耦合器10A与

非耦合波导13之间,从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导13光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化。

[0049] 例如,如图5所示,传播常数转换波导12A是如下的锥形的波导:从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导13光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐减小。

[0050] 传播常数转换波导12B是如下的第2传播常数转换波导:设置于非耦合波导13与定向耦合器10B之间,从与非耦合波导13光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化。

[0051] 例如,如图5所示,传播常数转换波导12B是如下的锥形的波导:从与非耦合波导13光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐增加。

[0052] 传播常数转换波导12A和传播常数转换波导12B是使光的传播常数绝热地变化的波导。通过使光的传播常数变化,即使不使用弯曲波导11,也能够与相邻的波导产生相位差。利用该性质,能够使环路镜6A的反射率的特性形状成为凸形。

[0053] 另外,传播常数转换波导12A、非耦合波导13和传播常数转换波导12B能够与相邻的波导产生相位差即可。因此,虽然产生能量损耗,但是,环路镜6A也可以使用非绝热地使传播常数变化的多模干涉(MMI)型的波导。

[0054] 另外,图5中的非耦合波导13是缩窄了纸面左侧的波导的宽度的结构,但是,也可以缩窄纸面右侧的波导的宽度。通过这样调整波导的宽度,即使是非耦合波导13,也能够使光的传播常数变化。

[0055] 此外,图5中的非耦合波导13也可以使纸面左侧或纸面右侧的任意波导的宽度比定向耦合器10A和10B宽。即使这样调整波导的宽度,即使是非耦合波导13,也能够使光的传播常数变化。

[0056] 图6是示出实施方式1中的环路镜6的变形例(2)即环路镜6B的俯视图。环路镜6B具有定向耦合器10A、定向耦合器10B、传播常数转换波导12C、非耦合波导14和传播常数转换波导12D。环路波导9是形成为环路状的波导,与定向耦合器10B光学耦合。如图6中虚线包围所示,定向耦合器10A是由彼此相邻的相同宽度的波导构成的第1定向耦合器。定向耦合器10B是具有与定向耦合器10A相同的波导宽度的第2定向耦合器,由彼此相邻的相同宽度的波导构成。此外,在定向耦合器10A和定向耦合器10B中,波导的长度彼此不同。例如,如图6所示,形成为定向耦合器10B比定向耦合器10A长。但是,在定向耦合器10A和定向耦合器10B中,波导的长度也可以彼此相同。

[0057] 非耦合波导14是至少一个波导具有与定向耦合器10A和定向耦合器10B不同的波导宽度的波导。例如,如图6所示,非耦合波导14具有比定向耦合器10A和定向耦合器10B宽的波导宽度。非耦合波导14的相邻的波导中的一方成为宽波导宽度,另一方成为窄波导宽度。由此,非耦合波导14中的波导间的距离成为不进行光学耦合即不进行模耦合的距离。

[0058] 传播常数转换波导12C是如下的第1传播常数转换波导:设置于定向耦合器10A与非耦合波导14之间,从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导14光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化。

[0059] 例如,如图6所示,构成传播常数转换波导12C的一个波导是如下的锥形的波导:从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导14光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐增加。进而,构成传播常数转换波导12C的另一个波导是如下的锥形的波导:从与定向耦合

器10A光学耦合的端部到与非耦合波导13光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐减小。

[0060] 传播常数转换波导12D是如下的第2传播常数转换波导:设置于非耦合波导14与定向耦合器10B之间,从与非耦合波导14光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化。

[0061] 例如,如图6所示,构成传播常数转换波导12D的一个波导是如下的锥形的波导:从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导14光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐减小。进而,构成传播常数转换波导12D的另一个波导是如下的锥形的波导:从与非耦合波导14光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐增加。

[0062] 传播常数转换波导12C和传播常数转换波导12D是使光的传播常数绝热地变化的波导。通过使光的传播常数变化,即使不使用弯曲波导11,也能够与相邻的波导产生相位差。利用该性质,能够使环路镜6B的反射率的特性形状成为凸形。

[0063] 另外,传播常数转换波导12C、非耦合波导14和传播常数转换波导12D能够与相邻的波导产生相位差即可。因此,虽然产生能量损耗,但是,环路镜6B也可以使用非绝热地使传播常数变化的多模干涉(MMI)型的波导。

[0064] 如上所述,实施方式1的多模激光器1具有:半导体放大器2;以及激光谐振器7,其构成于环路镜6与半导体放大器2之间,该环路镜6由形成于半导体基板3的波导构成。环路镜6的反射率的特性形状在振荡波长范围内为凸形。振荡波长范围以外的波长的激光的振荡被抑制,因此,多模激光器1能够抑制振荡波长范围以外的激光振荡而提高电力效率。

[0065] 在实施方式1的多模激光器1中,半导体放大器2具有量子点的活性层。半导体放大器2采用量子点半导体放大器,由此,每个振荡波长的激光中叠加的噪声降低。

[0066] 在实施方式1的多模激光器1中,环路镜6具有:定向耦合器10A,其是彼此相邻的波导;定向耦合器10B,其具有与定向耦合器10A相同的波导宽度;波导对,其设置于定向耦合器10A与定向耦合器10B之间,一个波导是弯曲波导11;以及环路波导9,其与定向耦合器10B光学耦合。通过这样构成波导,能够实现具有在期望的振荡波长范围内为凸形的反射率的特性形状的环路镜6。

[0067] 在实施方式1的多模激光器1中,环路镜6A或6B具有:定向耦合器10A;定向耦合器10B;非耦合波导13或14;传播常数转换波导12A或12C,其设置于定向耦合器10A与非耦合波导13或14之间,从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导13或14光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化;传播常数转换波导12B或12D,其设置于非耦合波导13或14与定向耦合器10B之间,从与非耦合波导13或14光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化;以及环路波导9,其与定向耦合器10B光学耦合。通过这样调整波导宽度,能够实现具有在期望的振荡波长范围内为凸形的反射率的特性形状的环路镜6A或6B。

[0068] 在实施方式1的多模激光器1中,非耦合波导13具有比定向耦合器10A和定向耦合器10B窄的波导宽度。从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导13光学耦合的端部为止,传播常数转换波导12A的波导宽度逐渐减小。从与非耦合波导13光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,传播常数转换波导12B的波导宽度逐渐增加。通过这样调整波导宽度,能够实现具有在期望的振荡波长范围为凸形的反射率的特性形状的环路镜6A。

[0069] 此外,在非耦合波导13具有比定向耦合器10A和定向耦合器10B宽的波导宽度的情况下,也可得到同样的效果。

[0070] 另外,在弯曲波导11中,在使波导弯曲时,光容易放射,为了抑制损耗,需要增大波导的弯曲半径,存在设计制约。与此相对,通过上述非耦合波导13使传播常数变化,由此,不使用弯曲波导,就能够与相邻的波导产生相位差,设计自由度增加。

[0071] 在实施方式1的多模激光器1中,非耦合波导14的相邻的波导中的一方具有比定向耦合器10A和定向耦合器10B宽的波导宽度,相邻的波导中的另一方具有比定向耦合器10A和定向耦合器10B窄的波导宽度。从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导14光学耦合的端部为止,构成传播常数转换波导12C的一个波导的波导宽度逐渐增加。进而,从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导14光学耦合的端部为止,构成传播常数转换波导12C的另一个波导的波导宽度逐渐减小。从与非耦合波导14光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,构成传播常数转换波导12D的一个波导的波导宽度逐渐减小。进而,从与非耦合波导14光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,构成传播常数转换波导12D的另一个波导的波导宽度逐渐增加。

[0072] 通过这样调整波导宽度,能够实现具有在期望的振荡波长范围为凸形的反射率的特性形状的环路镜6B。

[0073] 另外,图6所示的环路镜6B与图5所示的环路镜6A相比,纸面左右记载的波导的波导宽度之差变大。由此,环路镜6B与环路镜6A相比,相邻的波导间的传播常数差变大,因此,能够以较短的波导长度赋予期望的相位差,能够使环路镜更加小型化。

[0074] 实施方式2

[0075] 图7是示出实施方式2的多模激光器1A的立体图。多模激光器1A是射出期望的振荡波长范围的波长λ_1～λ_N的激光的激光器。N为2以上的整数。如图7所示,多模激光器1A具有半导体放大器2和半导体基板3A。在半导体基板3A形成有波导4,通过该波导4构成环形谐振滤波器5、环路镜6和环路镜15。多模激光器1A的激光谐振器7A以在环路镜6与环路镜15之间配置有半导体放大器2的方式构成。另外,在半导体基板3A中,也可以调换半导体放大器2和环形谐振滤波器5的位置。

[0076] 半导体放大器2中的前后的面与实施方式1不同,是如下的面:未实施HR涂层和AR涂层,与波导4光学耦合,供光入射出射。通过在半导体放大器2中流过电流,将在半导体放大器2中产生的自然放射光作为种子进行放大。半导体放大器2例如使用量子点半导体放大器。量子点半导体放大器是每个振荡波长的激光中叠加的噪声少的放大器,因此,适合于多模激光器1A。另外,多模激光器1A还能够使用其他种类的半导体放大器。例如,作为半导体放大器2,也可以使用量子阱半导体放大器。

[0077] 半导体基板3A是形成有使光传播的波导的基板。在半导体基板3A上,除了形成有作为光的传输路径发挥功能的波导4以外,还一体地形成有由波导构成的环形谐振滤波器5、环路镜6和环路镜15。半导体基板3A例如是硅基板,使用硅光子技术,通过硅波导构成波导4、环形谐振滤波器5、环路镜6和环路镜15。另外,半导体基板3A也可以使用氮化硅(SiN)基板。此外,波导也可以是有机类的波导。

[0078] 环路镜6是反射率的特性形状在期望的振荡波长范围A内为凸形的第1环路镜。与环形谐振滤波器5同样,环路镜6由形成于半导体基板3A上的波导构成。如图2所示,环路镜6

是具有MZ干涉仪8和环路波导9的萨尼亚克环路镜。

[0079] 环路镜15是在包含期望的振荡波长范围A的宽波段进行大致全反射(接近100％的反射率)的第2环路镜。与环路镜6同样,环路镜15由半导体基板3A中的波导构成,在与环路镜6之间构成激光谐振器7A。

[0080] 在多模激光器1A中,将在半导体放大器2中流过电流而产生的自然放射光作为种子,在环路镜15与环路镜6之间产生法布里珀罗谐振。利用激光谐振器7A中的环形谐振滤波器5决定能够通过的波长的光,仅通过波长的光进行激光振荡。

[0081] 另外,多模激光器1需要高精度地安装半导体放大器2与半导体基板3的相对位置,以对半导体放大器2与半导体基板3之间进行光学耦合。即,在多模激光器1中,激光振荡所需要的位置偏差公差严格。

[0082] 与此相对,在多模激光器1A中,例如在基于晶片接合技术的接合后,能够通过工艺加工来制造半导体放大器2等化合物半导体部分。多模激光器1A通过使用波导间的光学耦合,抑制了光学损耗,能够实现更高效的激光振荡。

[0083] 至此,示出在包含期望的振荡波长范围A的宽波段进行全反射的环路镜15,但是,环路镜15也可以具有在期望的振荡波长范围A内为凸形的反射率的特性形状。

[0084] 图8是示出实施方式2中的环路镜15的反射特性的曲线图。如图8所示,环路镜15也可以是与图2所示的环路镜6相同的结构。该情况下,环路镜15可以是与图5所示的环路镜6A相同的结构,也可以是与图6所示的环路镜6B相同的结构。

[0085] 在多模激光器1A中,设环路镜6和环路镜15的反射率的特性形状在期望的振荡波长范围A内为凸形。通过调整环路镜6和环路镜15的反射特性,在激光谐振器7A中,能够抑制不容易振荡或不希望振荡的波长的光的振荡。另外,不使用从环路镜15的端部输出到半导体基板3A的外部的光。

[0086] 图9是示出实施方式2中的环路镜15的变形例(1)即环路镜15A的俯视图。如图9所示,环路镜15A具有环路波导9、定向耦合器10C、定向耦合器10D和弯曲波导11A。在定向耦合器10C设置有相位调整部16A,在弯曲波导11A设置有相位调整部16B,在定向耦合器10D设置有相位调整部16C。

[0087] 环路波导9是形成为环路状的波导,与定向耦合器10D光学耦合。如图9中虚线包围所示,定向耦合器10C是由彼此相邻的相同宽度的波导构成的第1定向耦合器。定向耦合器10D是具有与定向耦合器10C相同的波导宽度的第2定向耦合器,由彼此相邻的相同宽度的波导构成。此外,在定向耦合器10C和定向耦合器10D中,波导的长度彼此不同。例如,如图9所示,形成为定向耦合器10D比定向耦合器10C长。设置于定向耦合器10C与定向耦合器10D之间的波导对的一个波导为弯曲波导11A。

[0088] 相位调整部16A对在定向耦合器10C中传播的光的相位进行调整。相位调整部16B对在弯曲波导11A中传播的光的相位进行调整。相位调整部16C对在定向耦合器10D中传播的光的相位进行调整。由此,能够使环路镜15A的反射率的特性形状在期望的振荡波长范围A内成为凸形。

[0089] 相位调整部16A、16B和16C例如是在流过电流时利用热使光的相位变化的电阻元件。此外,相位调整部16A、16B和16C也可以是如下的二极管:通过改变载流子的密度,折射率变化,与此相伴,使光的相位变化。另外,相位调整部设置于定向耦合器10C、定向耦合器

10D和弯曲波导11A的任意方即可。进而,也可以对环路镜6设置相位调整部16A、16B和16C。

[0090] 图10是示出实施方式2中的环路镜15的变形例(2)即环路镜15B的俯视图。如图10所示,环路镜15B具有定向耦合器10A、定向耦合器10B、传播常数转换波导12A、非耦合波导13A和传播常数转换波导12B。在构成定向耦合器10A的一个波导设置有相位调整部16A,在构成非耦合波导13A的一个波导设置有相位调整部16B,在构成定向耦合器10D的一个波导设置有相位调整部16C。

[0091] 另外,与图10不同,也可以在构成定向耦合器10A的另一个波导设置相位调整部16A,在构成非耦合波导13A的另一个波导设置相位调整部16B,在构成定向耦合器10D的另一个波导设置相位调整部16C。

[0092] 环路波导9是形成为环路状的波导,与定向耦合器10B光学耦合。如图10中虚线包围所示,定向耦合器10A是由彼此相邻的相同宽度的波导构成的第1定向耦合器。定向耦合器10B是具有与定向耦合器10A相同的波导宽度的第2定向耦合器,由彼此相邻的相同宽度的波导构成。此外,在定向耦合器10A和定向耦合器10B中,波导的长度彼此不同。例如,如图10所示,形成为定向耦合器10B比定向耦合器10A长。但是,在定向耦合器10A和定向耦合器10B中,波导的长度也可以彼此相同。

[0093] 相位调整部16A对在定向耦合器10A中传播的光的相位进行调整。相位调整部16B对在非耦合波导13A中传播的光的相位进行调整。相位调整部16C对在定向耦合器10B中传播的光的相位进行调整。由此,能够使环路镜15B的反射率的特性形状在期望的振荡波长范围A内成为凸形。

[0094] 非耦合波导13A是至少一个波导具有与定向耦合器10A和定向耦合器10B不同的波导宽度的波导。例如,如图10所示,非耦合波导13A具有比定向耦合器10A和定向耦合器10B窄的波导宽度。非耦合波导13A的相邻的波导中的一方成为窄波导宽度,波导间的距离成为不进行光学耦合即不进行模耦合的距离。

[0095] 传播常数转换波导12A是如下的第1传播常数转换波导:设置于定向耦合器10A与非耦合波导13A之间,从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导13A光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化。

[0096] 例如,如图10所示,传播常数转换波导12A是如下的锥形的波导:从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导13A光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐减小。

[0097] 传播常数转换波导12B是如下的第2传播常数转换波导:设置于非耦合波导13A与定向耦合器10B之间,从与非耦合波导13A光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化。

[0098] 例如,如图10所示,传播常数转换波导12B是如下的锥形的波导:从与非耦合波导13A光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐增加。

[0099] 另外,图10中的非耦合波导13A是缩窄了纸面左侧的波导的宽度的结构,但是,也可以缩窄纸面右侧的波导的宽度。通过这样调整波导的宽度,即使是非耦合波导13A,也能够使光的传播常数变化。

[0100] 此外,图10中的非耦合波导13A也可以使纸面左侧或纸面右侧的任意波导的宽度比定向耦合器10A和10B宽。即使这样调整波导的宽度,即使是非耦合波导13,也能够使光的传播常数变化。

[0101] 图11是示出实施方式2中的环路镜15的变形例(3)即环路镜15C的俯视图。如图11所示,环路镜15C具有定向耦合器10A、定向耦合器10B、传播常数转换波导12C、非耦合波导14A和传播常数转换波导12D。在构成定向耦合器10A的一个波导设置有相位调整部16A,在构成非耦合波导14A的一个波导设置有相位调整部16B,在构成定向耦合器10D的一个波导设置有相位调整部16C。

[0102] 另外,与图11不同,也可以在构成定向耦合器10A的另一个波导设置相位调整部16A,在构成非耦合波导14A的另一个波导设置相位调整部16B,在构成定向耦合器10D的另一个波导设置相位调整部16C。

[0103] 环路波导9是形成为环路状的波导,与定向耦合器10B光学耦合。如图11中虚线包围所示,定向耦合器10A是由彼此相邻的相同宽度的波导构成的第1定向耦合器。定向耦合器10B是具有与定向耦合器10A相同的波导宽度的第2定向耦合器,由彼此相邻的相同宽度的波导构成。此外,在定向耦合器10A和定向耦合器10B中,波导的长度彼此不同。例如,如图11所示,形成为定向耦合器10B比定向耦合器10A长。但是,在定向耦合器10A和定向耦合器10B中,波导的长度也可以彼此相同。

[0104] 非耦合波导14A是至少一个波导具有与定向耦合器10A和定向耦合器10B不同的波导宽度的波导。例如,如图11所示,非耦合波导14A具有比定向耦合器10A和定向耦合器10B宽的波导宽度。非耦合波导14A的相邻的波导中的一方成为宽波导宽度,另一方成为窄波导宽度。由此,非耦合波导14A中的波导间的距离成为不进行光学耦合即不进行模耦合的距离。

[0105] 传播常数转换波导12C是如下的第1传播常数转换波导:设置于定向耦合器10A与非耦合波导14A之间,从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导14A光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化。

[0106] 例如,如图11所示,构成传播常数转换波导12C的一个波导是如下的锥形的波导:从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导14A光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐增加。进而,构成传播常数转换波导12C的另一个波导是如下的锥形的波导:从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导13光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐减小。

[0107] 传播常数转换波导12D是如下的第2传播常数转换波导:设置于非耦合波导14A与定向耦合器10B之间,从与非耦合波导14A光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化。

[0108] 例如,如图11所示,构成传播常数转换波导12D的一个波导是如下的锥形的波导:从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导14A光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐减小。进而,构成传播常数转换波导12D的另一个波导是如下的锥形的波导:从与非耦合波导14A光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐增加。

[0109] 相位调整部16A对在定向耦合器10A中传播的光的相位进行调整。相位调整部16B对在非耦合波导14A中传播的光的相位进行调整。相位调整部16C对在定向耦合器10B中传播的光的相位进行调整。由此,能够使环路镜15C的反射率的特性形状在期望的振荡波长范围A内成为凸形。

[0110] 如上所述,实施方式2的多模激光器1A具有:半导体放大器2;以及激光谐振器7A,其以在由形成于半导体基板3A的波导构成的环路镜6与环路镜15之间配置有半导体放大器

2的方式构成。环路镜6的反射率的特性形状在振荡波长范围内为凸形。振荡波长范围以外的波长的激光的振荡被抑制,多模激光器1A能够抑制振荡波长范围以外的激光振荡。

[0111] 在实施方式2的多模激光器1A中,半导体放大器2具有量子点的活性层。半导体放大器2采用量子点半导体放大器,由此,每个振荡波长的激光中叠加的噪声降低。

[0112] 在实施方式2的多模激光器1A中,激光谐振器7A具有环路镜6。由此,能够提供具有反射率的特性形状在期望的振荡波长范围内为凸形的环路镜6的激光谐振器7A。

[0113] 在实施方式2的多模激光器1A中,激光谐振器7A具有环路镜6A或6B。由此,能够提供具有反射率的特性形状在期望的振荡波长范围内为凸形的环路镜6或6B的激光谐振器7A。

[0114] 在实施方式2的多模激光器1A中,环路镜15的反射率的特性形状在振荡波长范围内为凸形。由此,能够提供具有反射率的特性形状在期望的振荡波长范围内为凸形的环路镜15的激光谐振器7A。

[0115] 在实施方式2的多模激光器1A中,环路镜15具有:定向耦合器10A,其是彼此相邻的波导;定向耦合器10B,其具有与定向耦合器10A相同的波导宽度;波导对,其设置于定向耦合器10A与定向耦合器10B之间,一个波导是弯曲波导11;以及环路波导9,其与定向耦合器10B光学耦合。通过这样构成波导,能够实现具有在期望的振荡波长范围内为凸形的反射率的特性形状的环路镜15。

[0116] 在实施方式2的多模激光器1A中,环路镜15具有:定向耦合器10A,其是彼此相邻的波导;定向耦合器10B,其具有与定向耦合器10A相同的波导宽度;非耦合波导13或14,其至少一个波导具有与定向耦合器10A和定向耦合器10B不同的波导宽度;传播常数转换波导12A或12C,其设置于定向耦合器10A与非耦合波导13或14之间,从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导13或14光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化;传播常数转换波导12B或12D,其设置于非耦合波导13或14与定向耦合器10B之间,从与非耦合波导13或14光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化;以及环路波导9,其与定向耦合器10B光学耦合。通过这样调整波导宽度,能够实现具有在期望的振荡波长范围内为凸形的反射率的特性形状的环路镜15。

[0117] 在实施方式2的多模激光器1A中,非耦合波导13的一个波导具有比定向耦合器10A和定向耦合器10B窄的波导宽度。从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导13光学耦合的端部为止,传播常数转换波导12A的波导宽度逐渐减小。从与非耦合波导13光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,传播常数转换波导12B的波导宽度逐渐增加。通过这样调整波导宽度,能够实现具有在期望的振荡波长范围为凸形的反射率的特性形状的环路镜15。

[0118] 此外,在非耦合波导13具有比定向耦合器10A和定向耦合器10B宽的波导宽度的情况下,也可得到同样的效果。

[0119] 另外,在弯曲波导11中,在使波导弯曲时光容易放射,为了抑制损耗,需要增大波导的弯曲半径,存在设计制约。与此相对,通过上述非耦合波导13使传播常数变化,由此,不使用弯曲波导,就能够与相邻的波导产生相位差,设计自由度增加。

[0120] 在实施方式2的多模激光器1A中,非耦合波导14的相邻的波导中的一方具有比定向耦合器10A和定向耦合器10B宽的波导宽度,相邻的波导中的另一方具有比定向耦合器

10A和定向耦合器10B窄的波导宽度。从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导14光学耦合的端部为止,构成传播常数转换波导12C的一个波导的波导宽度逐渐增加。进而,从与定向耦合器10A光学耦合的端部到与非耦合波导14光学耦合的端部为止,构成传播常数转换波导12C的另一个波导的波导宽度逐渐减小。从与非耦合波导14光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,构成传播常数转换波导12D的一个波导的波导宽度逐渐减小。进而,从与非耦合波导14光学耦合的端部到与定向耦合器10B光学耦合的端部为止,构成传播常数转换波导12D的另一个波导的波导宽度逐渐增加。

[0121] 通过这样调整波导宽度,能够实现具有在期望的振荡波长范围为凸形的反射率的特性形状的环路镜15。

[0122] 另外,设为与图6所示的环路镜6B相同的结构的环路镜15跟设为与图5所示的环路镜6A相同的结构的环路镜相比,纸面左右记载的波导的波导宽度之差变大。由此,设为与环路镜6B相同的结构的环路镜15跟设为与环路镜6A相同的结构的环路镜相比,相邻的波导间的传播常数差变大,因此,能够以较短的波导长度赋予期望的相位差,能够使环路镜更加小型化。

[0123] 在实施方式2的多模激光器1A中,环路镜15A具有相位调整部16A、16B和16C,该相位调整部16A、16B和16C分别设置于弯曲波导11A、与弯曲波导11A光学耦合的定向耦合器10C和与弯曲波导11A光学耦合的定向耦合器10D,对在波导中传播的光的相位进行调整。相位调整部16A对在定向耦合器10C中传播的光的相位进行调整,相位调整部16B对在弯曲波导11A中传播的光的相位进行调整,相位调整部16C对在定向耦合器10D中传播的光的相位进行调整。由此,能够使环路镜15A的反射率的特性形状在期望的振荡波长范围A内成为凸形。

[0124] 在实施方式2的多模激光器1A中,环路镜15B或15C具有相位调整部16A～16C,该相位调整部16A～16C分别设置于非耦合波导13A或14A、定向耦合器10A和定向耦合器10B,对在波导中传播的光的相位进行调整。由此,能够使环路镜15B或15C的反射率的特性形状在期望的振荡波长范围A内成为凸形。

[0125] 另外,能够进行各实施方式的组合或实施方式各自的任意结构要素的变形或实施方式各自的任意结构要素的省略。

[0126] 下面,将本公开的各方式统一记载为附记。

[0127] (附记1)

[0128] 一种多模激光器,其特征在于,所述多模激光器具有:

[0129] 半导体放大器;以及

[0130] 激光谐振器,其构成于环路镜与所述半导体放大器之间,其中,所述环路镜由形成于基板的波导构成,

[0131] 所述环路镜的反射率的特性形状在振荡波长范围内为凸形。

[0132] (附记2)

[0133] 根据附记1所述的多模激光器,其特征在于,

[0134] 所述半导体放大器具有量子点的活性层。

[0135] (附记3)

[0136] 根据附记1或附记2所述的多模激光器,其特征在于,

[0137] 所述环路镜具有：

[0138] 第1定向耦合器，其是彼此相邻的波导；

[0139] 第2定向耦合器，其具有与所述第1定向耦合器相同的波导宽度；

[0140] 波导对，其设置于所述第1定向耦合器与所述第2定向耦合器之间，一个波导是弯曲波导；以及

[0141] 环路波导，其与所述第2定向耦合器光学耦合。

[0142] (附记4)

[0143] 根据附记1或附记2所述的多模激光器，其特征在于，

[0144] 所述环路镜具有：

[0145] 第1定向耦合器，其是彼此相邻的波导；

[0146] 第2定向耦合器，其具有与所述第1定向耦合器相同的波导宽度；

[0147] 非耦合波导，其至少一个波导具有与所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器不同的波导宽度；

[0148] 第1传播常数转换波导，其设置于所述第1定向耦合器与所述非耦合波导之间，从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止，波导宽度逐渐变化；

[0149] 第2传播常数转换波导，其设置于所述非耦合波导与所述第2定向耦合器之间，从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止，波导宽度逐渐变化；以及

[0150] 环路波导，其与所述第2定向耦合器光学耦合。

[0151] (附记5)

[0152] 根据附记4所述的多模激光器，其特征在于，

[0153] 所述非耦合波导的一个波导具有比所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器窄的波导宽度，

[0154] 从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止，所述第1传播常数转换波导的波导宽度逐渐减小，

[0155] 从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止，所述第2传播常数转换波导的波导宽度逐渐增加。

[0156] (附记6)

[0157] 根据附记4或附记5所述的多模激光器，其特征在于，

[0158] 所述非耦合波导的一个波导具有比所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器宽的波导宽度，

[0159] 从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止，所述第1传播常数转换波导的波导宽度逐渐增加，

[0160] 从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止，所述第2传播常数转换波导的波导宽度逐渐减小。

[0161] (附记7)

[0162] 一种多模激光器，其特征在于，所述多模激光器具有：

[0163] 半导体放大器；以及

[0164] 激光谐振器,其以在由形成于基板的波导构成的第1环路镜与第2环路镜之间配置有所述半导体放大器的方式构成,

[0165] 所述第1环路镜的反射率的特性形状在振荡波长范围内为凸形。

[0166] (附记8)

[0167] 根据附记7所述的多模激光器,其特征在于,

[0168] 所述半导体放大器具有量子点的活性层。

[0169] (附记9)

[0170] 根据附记7或附记8所述的多模激光器,其特征在于,

[0171] 所述第1环路镜具有:

[0172] 第1定向耦合器,其是彼此相邻的波导;

[0173] 第2定向耦合器,其具有与所述第1定向耦合器相同的波导宽度;

[0174] 波导对,其设置于所述第1定向耦合器与所述第2定向耦合器之间,一个波导是弯曲波导;以及

[0175] 环路波导,其与所述第2定向耦合器光学耦合。

[0176] (附记10)

[0177] 根据附记7或附记8所述的多模激光器,其特征在于,

[0178] 所述第1环路镜具有:

[0179] 第1定向耦合器,其是彼此相邻的波导;

[0180] 第2定向耦合器,其具有与所述第1定向耦合器相同的波导宽度;

[0181] 非耦合波导,其至少一个波导具有与所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器不同的波导宽度;

[0182] 第1传播常数转换波导,其设置于所述第1定向耦合器与所述非耦合波导之间,从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化;

[0183] 第2传播常数转换波导,其设置于所述非耦合波导与所述第2定向耦合器之间,从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止,波导宽度逐渐变化;以及

[0184] 环路波导,其与所述第2定向耦合器光学耦合。

[0185] (附记11)

[0186] 根据附记10所述的多模激光器,其特征在于,

[0187] 所述非耦合波导的一个波导具有比所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器窄的波导宽度,

[0188] 从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止,所述第1传播常数转换波导的波导宽度逐渐减小,

[0189] 从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止,所述第2传播常数转换波导的波导宽度逐渐增加。

[0190] (附记12)

[0191] 根据附记10或附记11所述的多模激光器,其特征在于,

[0192] 所述非耦合波导的一个波导具有比所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器宽

的波导宽度，

[0193] 从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止，所述第1传播常数转换波导的波导宽度逐渐增加，

[0194] 从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止，所述第2传播常数转换波导的波导宽度逐渐减小。

[0195] (附记13)

[0196] 根据附记7～附记12中的任意一项所述的多模激光器，其特征在于，

[0197] 所述第2环路镜的反射率的特性形状在振荡波长范围内为凸形。

[0198] (附记14)

[0199] 根据附记13所述的多模激光器，其特征在于，

[0200] 所述第2环路镜具有：

[0201] 第1定向耦合器，其是彼此相邻的波导；

[0202] 第2定向耦合器，其具有与所述第1定向耦合器相同的波导宽度；

[0203] 波导对，其设置于所述第1定向耦合器与所述第2定向耦合器之间，一个波导是弯曲波导；以及

[0204] 环路波导，其与所述第2定向耦合器光学耦合。

[0205] (附记15)

[0206] 根据附记13所述的多模激光器，其特征在于，

[0207] 所述第2环路镜具有：

[0208] 第1定向耦合器，其是彼此相邻的波导；

[0209] 第2定向耦合器，其具有与所述第1定向耦合器相同的波导宽度；

[0210] 非耦合波导，其至少一个波导具有与所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器不同的波导宽度；

[0211] 第1传播常数转换波导，其设置于所述第1定向耦合器与所述非耦合波导之间，从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止，波导宽度逐渐变化；

[0212] 第2传播常数转换波导，其设置于所述非耦合波导与所述第2定向耦合器之间，从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止，波导宽度逐渐变化；以及

[0213] 环路波导，其与所述第2定向耦合器光学耦合。

[0214] (附记16)

[0215] 根据附记15所述的多模激光器，其特征在于，

[0216] 所述非耦合波导的一个波导具有比所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器窄的波导宽度，

[0217] 从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止，所述第1传播常数转换波导的波导宽度逐渐减小，

[0218] 从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止，所述第2传播常数转换波导的波导宽度逐渐增加。

[0219] (附记17)

[0220] 根据附记15或附记16所述的多模激光器,其特征在于,

[0221] 所述非耦合波导的一个波导具有比所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器宽的波导宽度,

[0222] 从与所述第1定向耦合器光学耦合的端部到与所述非耦合波导光学耦合的端部为止,所述第1传播常数转换波导的波导宽度逐渐增加,

[0223] 从与所述非耦合波导光学耦合的端部到与所述第2定向耦合器光学耦合的端部为止,所述第2传播常数转换波导的波导宽度逐渐减小。

[0224] (附记18)

[0225] 根据附记9或附记14所述的多模激光器,其特征在于,

[0226] 所述多模激光器具有相位调整部,该相位调整部分别设置于所述弯曲波导、与该弯曲波导光学耦合的所述第1定向耦合器和与所述弯曲波导光学耦合的所述第2定向耦合器,对在波导中传播的光的相位进行调整。

[0227] (附记19)

[0228] 根据附记10～附记12、附记15～附记17中的任意一项所述的多模激光器,其特征在于,

[0229] 所述模激光器具有相位调整部,该相位调整部分别设置于所述非耦合波导、所述第1定向耦合器和所述第2定向耦合器,对在波导中传播的光的相位进行调整。

[0230] 产业上的可利用性

[0231] 本公开的多模激光器例如能够用于光通信中的高输出光源。

[0232] 标号说明

[0233] 1、1A:多模激光器;2:半导体放大器;2A:后方面;2B:出射面;3、3A:半导体基板;4:波导;5:环形谐振滤波器;6、6A、6B、15、15A、15B、15C:环路镜;7、7A:激光谐振器;8:MZ干涉仪;9:环路波导;10A、10B、10C、10D:定向耦合器;11、11A:弯曲波导;12A、12B、12C、12D:传播常数转换波导;13、14:非耦合波导;16A、16B、16C:相位调整部。

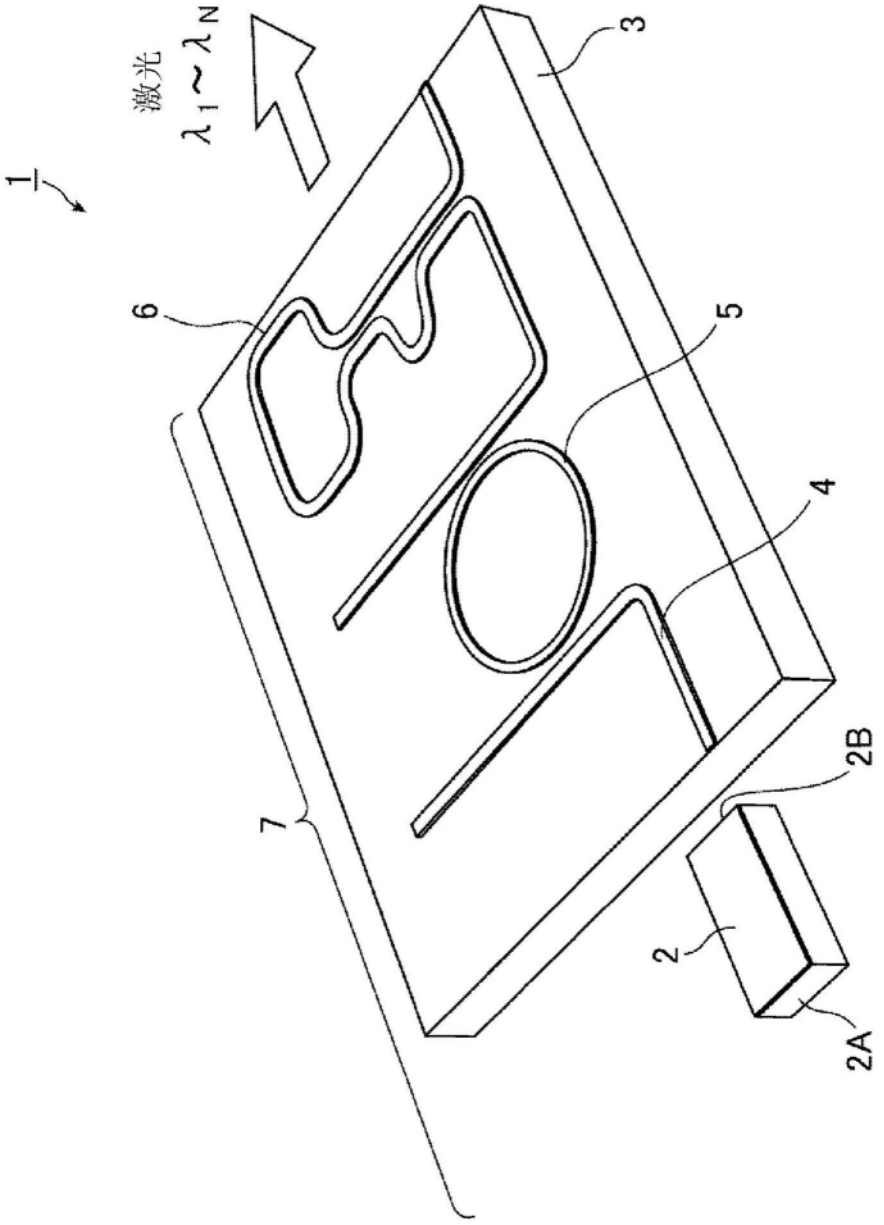


图1

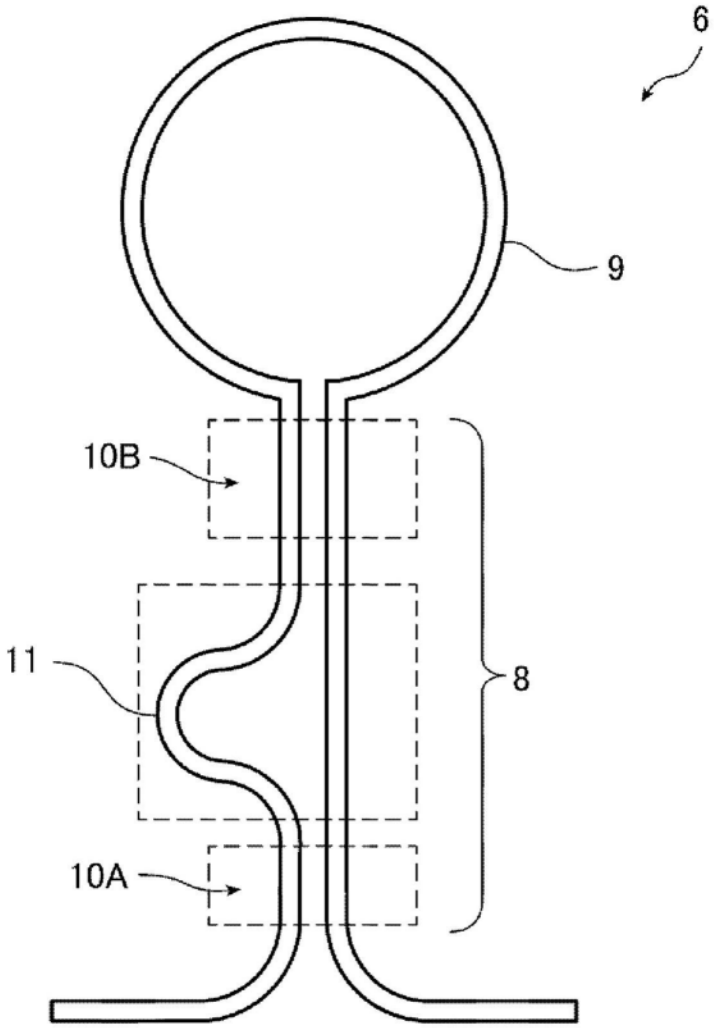


图2

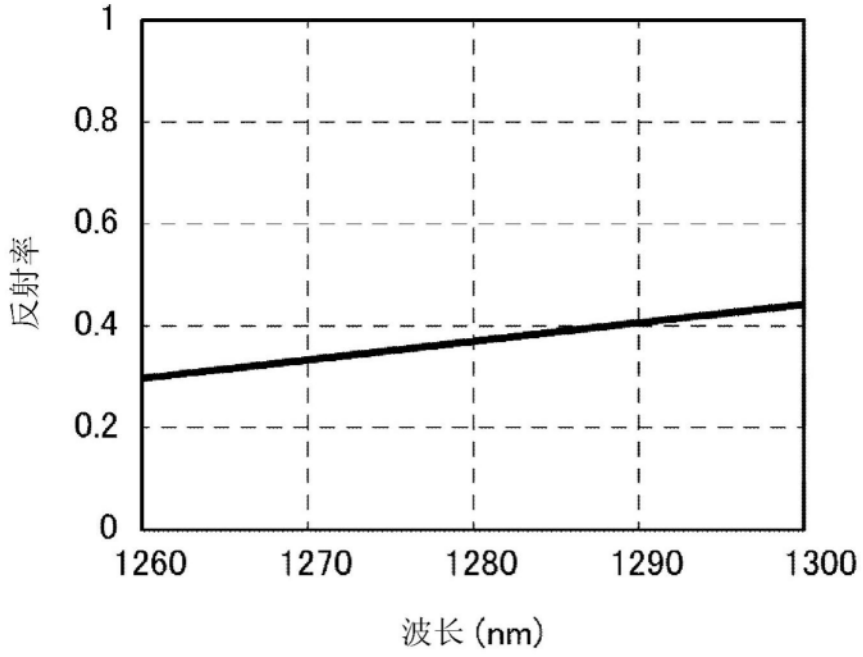

1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
反射率
1260
1270
1280
1290
1300
波长(nm)

图3A

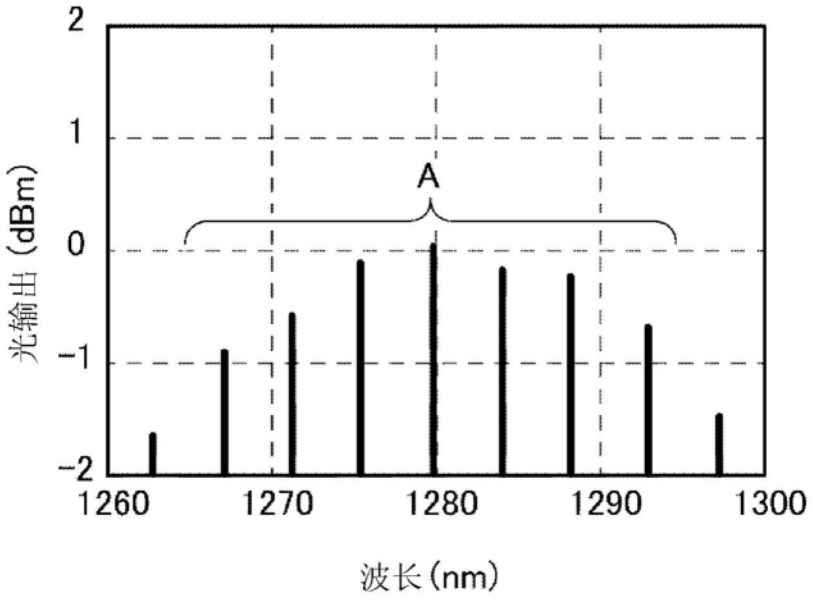

2
1
0
−1
−2
光输出(dBm)
A
1260
1270
1280
1290
1300
波长(nm)

图3B

图3

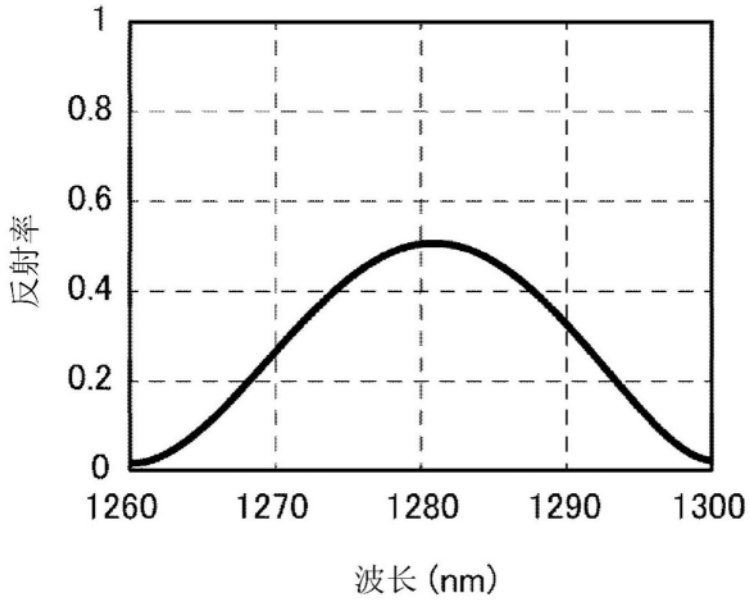

1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
反射率
1260
1270
1280
1290
1300
波长 (nm)

图4A

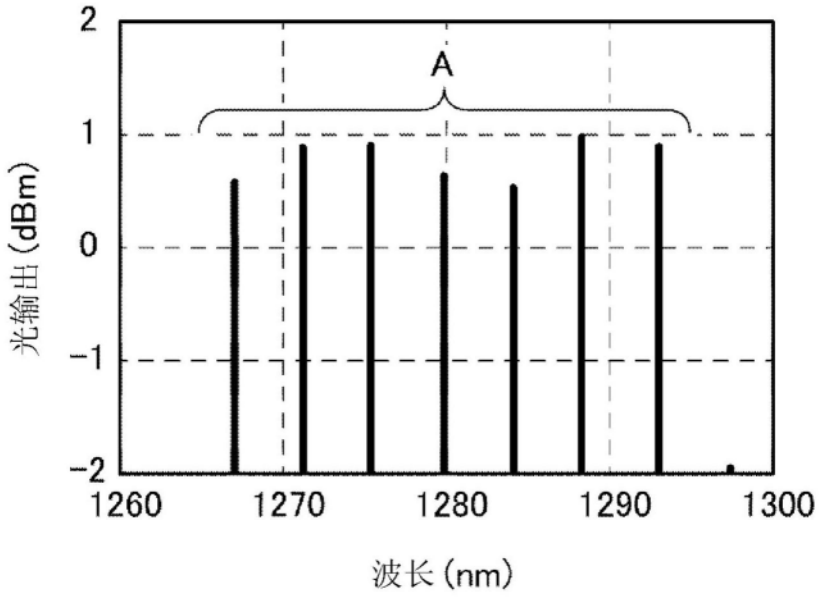

2
1
0
−1
−2
光输出 (dBm)
A
1260
1270
1280
1290
1300
波长 (nm)

图4B

图4

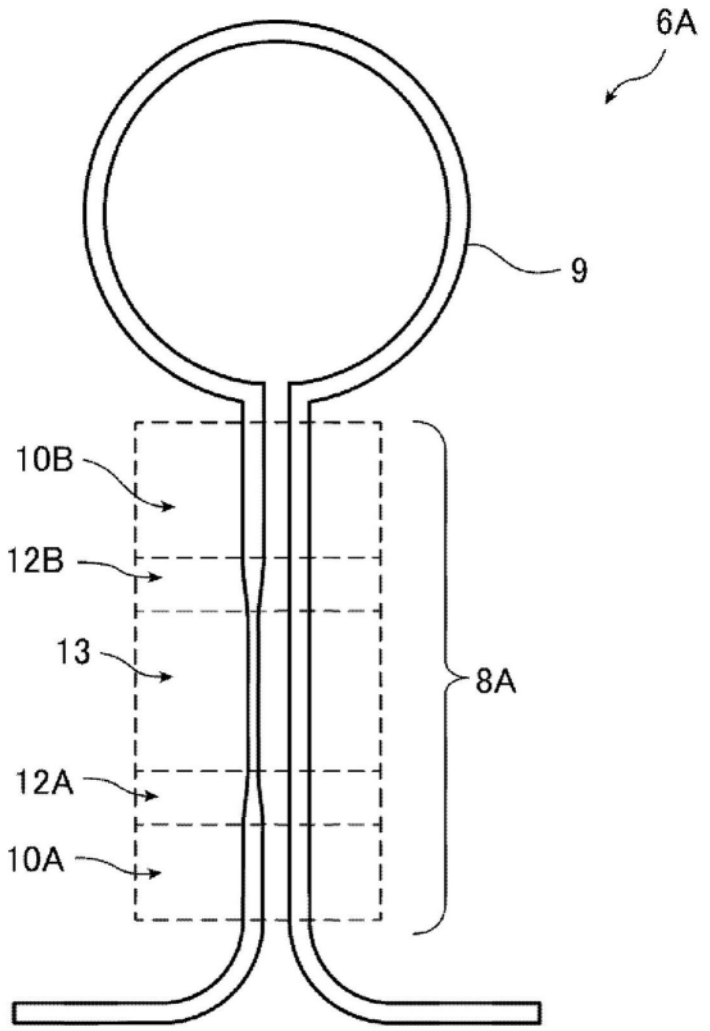


图5

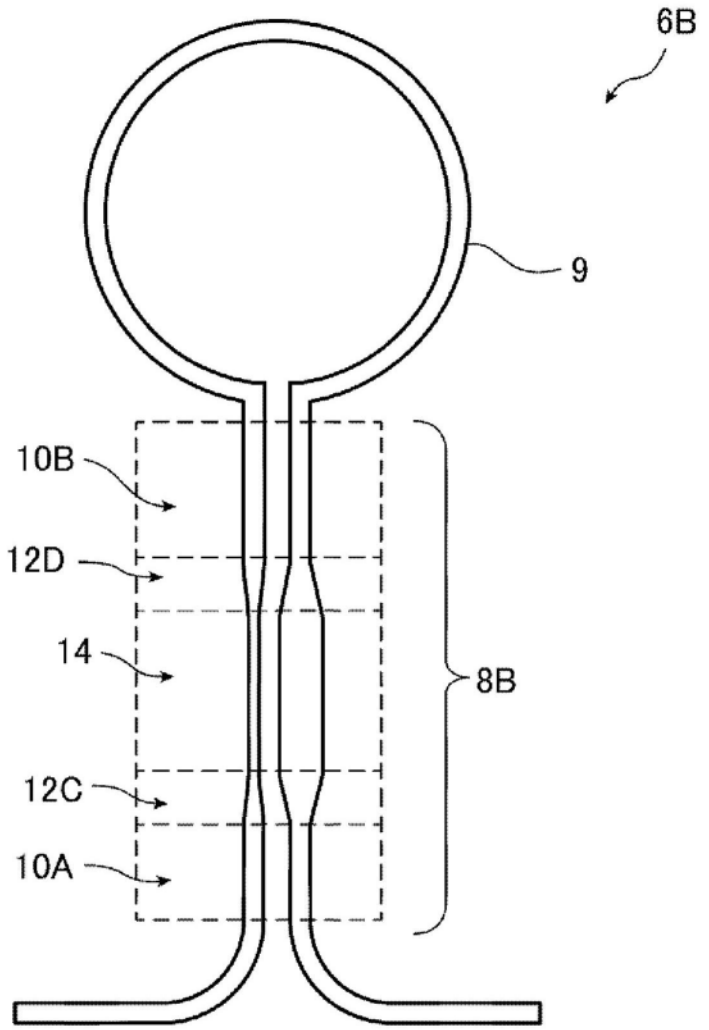


图6

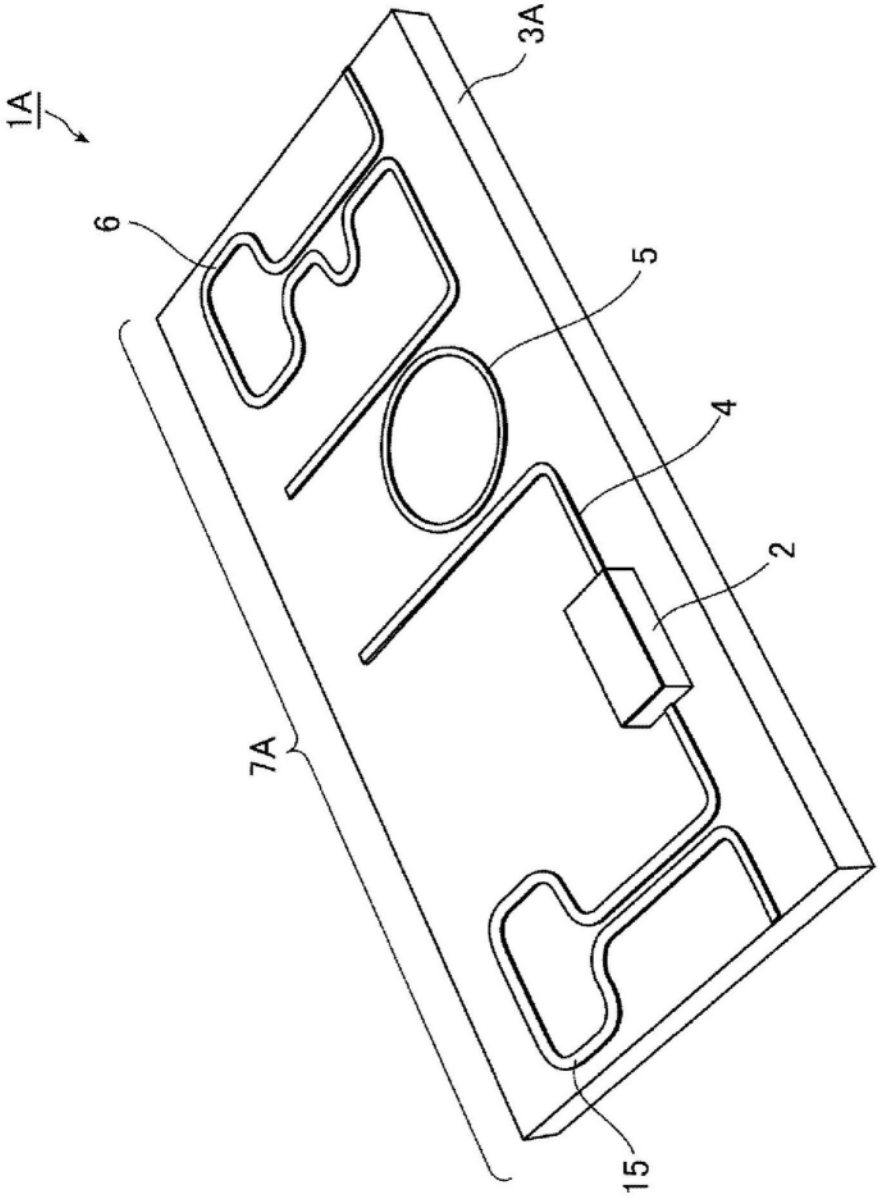


图7

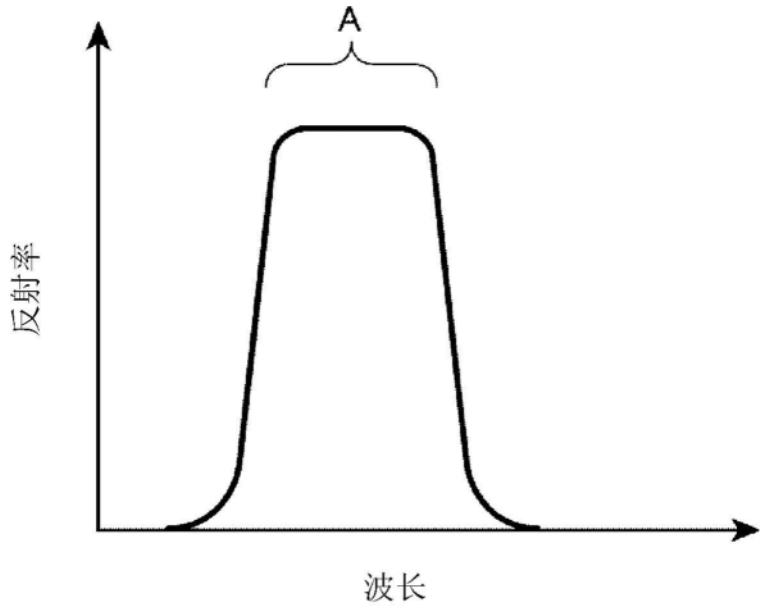


图8

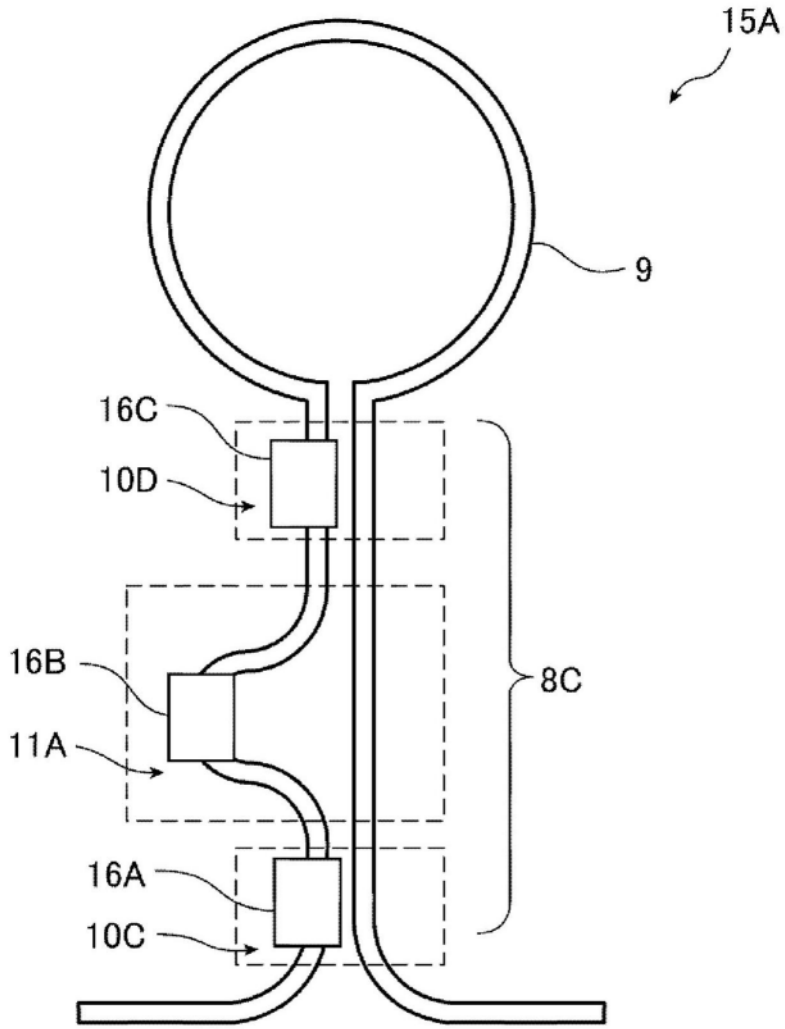


图9

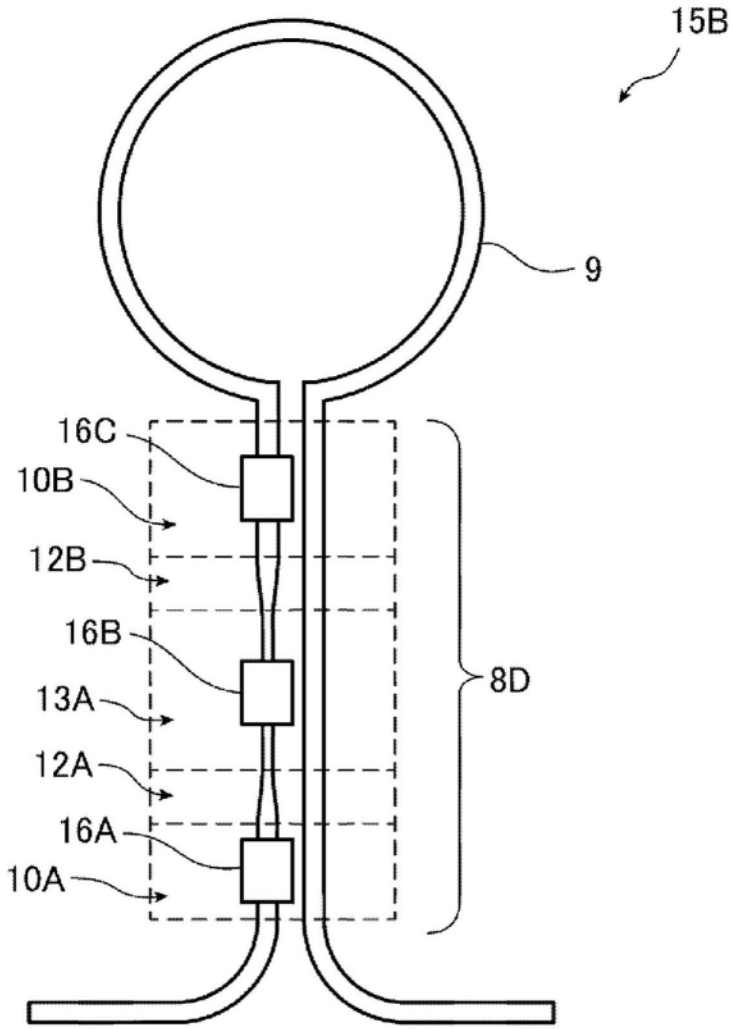


图10

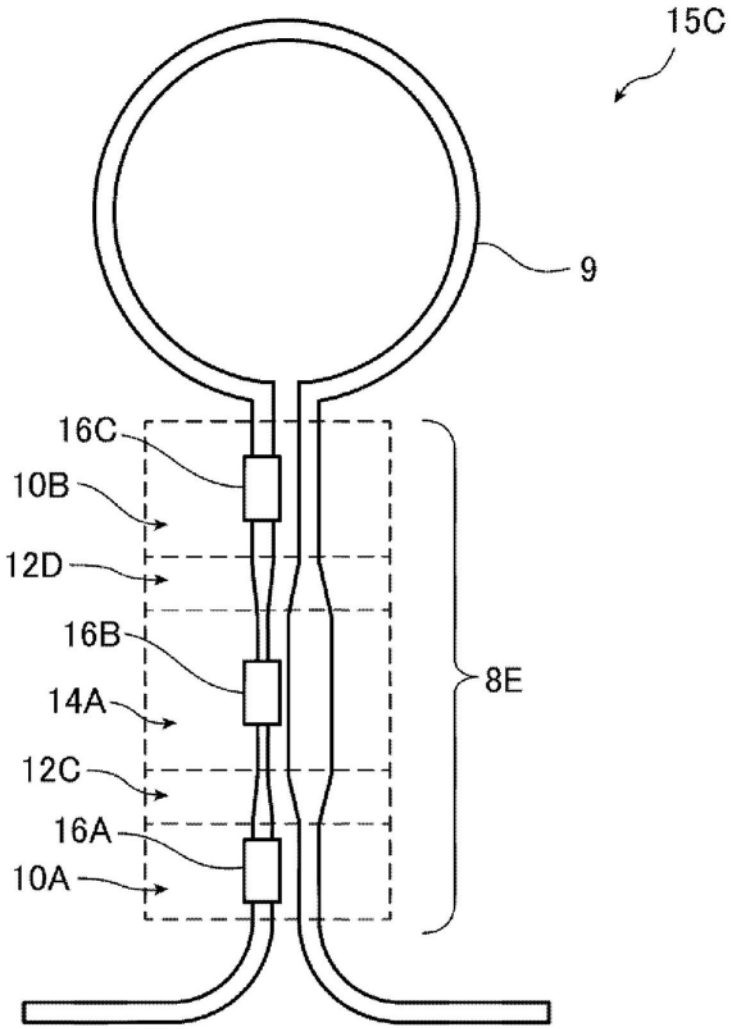


图11