

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610058343.9

H01S 3/083 (2006.01)

H01S 3/082 (2006.01)

H01S 3/063 (2006.01)

H01S 3/02 (2006.01)

H01S 3/00 (2006.01)

[43] 公开日 2006 年 9 月 6 日

[11] 公开号 CN 1829012A

[22] 申请日 2006.3.3

[21] 申请号 200610058343.9

[30] 优先权

[32] 2005.3.3 [33] JP [31] 2005-059639

[71] 申请人 日本电气株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 山崎裕幸

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司
代理人 柳春雷

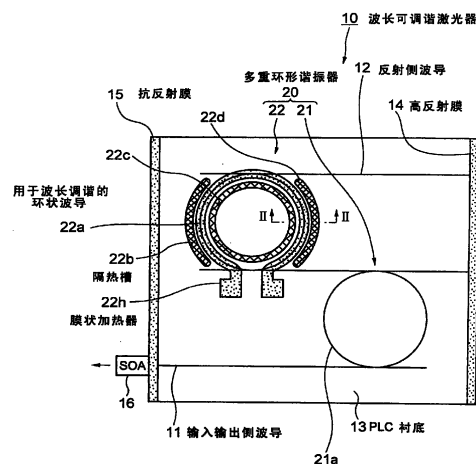
权利要求书 1 页 说明书 12 页 附图 3 页

[54] 发明名称

波长可调谐激光器

[57] 摘要

本发明提供一种能够降低消耗功率、工作稳定的波长可调谐激光器。波长可调谐激光器(10)具有：多重环形谐振器(20)；与环形谐振器(21)连接的输入输出侧波导(11)；与环形谐振器(22)连接的反射侧波导(12)；形成有多重环形谐振器(20)、输入输出侧波导(11)和反射侧波导(12)的 PLC 衬底(13)；设在反射侧波导(12)中的高反射膜(14)；经由抗反射膜(15)与输入输出侧波导(11)连接的 SOA(16)；设在用于波长调谐的环状波导(22a)上的 PLC 衬底(13)的表面上，并向用于波长调谐的环状波导(22a)供热的膜状加热器(22h)；抑制从膜状加热器(22h)供给的热量向除了用于波长调谐的环状波导(22a)的 PLC 基板(13)传导的隔热槽(22b、22c、22d)。



1. 一种波长可调谐激光器，其特征在于，具有：
多重环形谐振器，其组合了多个环形谐振器；
5 输入输出单元，用于对所述多重环形谐振器输入输出光信号；
反射单元，用于将从所述多重环形谐振器输出的光信号反射，从而使
所述光信号返回到所述多重环形谐振器；
衬底，其形成有所述多重环形谐振器；
供热单元，其设于所述衬底上，用于向所述多个环形谐振器供热，从
10 而控制这些环形谐振器的谐振波长；以及
热传导抑制单元，用于将所述供热单元提供的热量只限制在所述多个
环形谐振器中的特定环形谐振器中，并阻断向其余环形谐振器的供热。
2. 如权利要求 1 所述的波长可调谐激光器，其中，
所述热传导抑制单元是形成在所述用于波长调谐的环状波导的周围的
15 所述衬底上的隔热槽。
3. 如权利要求 1 所述的波长可调谐激光器，其中，
所述隔热槽从所述衬底的表面通过所述用于波长调谐的环状波导的下方，到达所述衬底的表面。
4. 如权利要求 1 所述的波长可调谐激光器，其中，
20 所述多重环形谐振器由一个用于波长调谐的环形谐振器和一个用于波长固定的环形谐振器的组合而构成。
5. 如权利要求 1 所述的波长可调谐激光器，其中，
所述多重环形谐振器由多个用于波长调谐的环形谐振器和一个用于波长固定的环形谐振器的组合而构成。
- 25 6. 如权利要求 1 所述的波长可调谐激光器，其中，将半导体光放大器用作所述输入输出单元。
7. 如权利要求 1 所述的波长可调谐激光器，其中，将膜状加热器用作所述供热单元。

波长可调谐激光器

5 技术领域

本发明涉及具有用于检测波长的波长监视器的带波长监视器的波长可调谐激光器（以下简称为“波长可调谐激光器”）等，所述波长可调谐激光器可用于例如 WDM（Wavelength Division Multiplexing，波分复用）传输系统等。

10

背景技术

随着宽带时代的到来，为了有效利用光纤，可用单个系统进行多个光波长的通信的 WDM 传输系统被广泛引入。最近，能够复用数十个光波长进行更高速传输的 DWDM 装置（dense wavelength division multiplexing device，密集波分复用装置）得到了广泛利用。随之，在各个 WDM 传输系统中需要与每个光波长对应的光源，并且随着高复用，所需要光源的数量大大增加。尤其最近，为了商业化应用而对在每个节点加入/取出（Add/Drop）任意波长的 ROADMs（reconfigurable optical add/drop multiplexers，可重构光分插复用器）进行研究。若引入该 ROADM 系统，则除了能够扩大波长复用的传输容量以外，还能够通过改变波长来进行光路切换，因此光网络的自由度显著提高。

作为 WDM 传输系统用的光源，目前为止，单纵模振荡的 DFB-LD（Distributed feedback laser diode，分布反馈半导体激光器）由于便于使用且可靠性高而一直被广泛使用。在 DFB-LD 中，在整个谐振器区域形成有深 30nm 左右的衍射光栅，从而能够在与衍射光栅周期和等效折射率的两倍的乘积相对应的波长获得稳定的单纵模振荡。但是在 DFB-LD 中，由于不能在振荡波长的宽广范围内进行调谐，所以对于每个 ITU（international telecommunication union，国际电信联盟）网络使用仅波长不同的产品来构成 WDM 传输系统。因此，由于需要使用波长各不相同的产品，所以造成

货架管理成本的增加，或需要用于应付故障的剩余存货。此外，若在根据波长切换光路的 ROADM 中使用通常的 DFB-LD，则波长范围的可调谐幅度被限制在通过温度变化而改变的 3nm 左右。因此，难以构成对积极使用波长资源的 ROADM 的特长有效利用的光网络。

- 5 为了克服上述目前的 DFB-LD 所具有的问题，并能够在宽广的波长范围内实现单纵模振荡，对波长可调谐激光器进行了深入研究。下面，通过从下述非专利文献 1 详细说明的内容中举出几个示例来说明现有的波长可调谐激光器。

10 波长可调谐激光器大致可分为两种类型，即，在激光元件内设置可调谐波长机构的类型和在激光元件外设置可调谐波长机构的类型。

15 在前一类型中，提出有将产生增益的有源区域和由衍射光栅产生反射的 DBR 区域形成在同一激光元件内的 DBR-LD（Distributed Bragg reflector Laser diode，分布反馈半导体激光器）。该 DBR-LD 的波长可调谐范围最高为 10nm 左右。另外，还提出有将产生增益的有源区域和从前后方夹住该有源区域的 DBR 区域形成在同一激光元件内的、使用不均匀衍射光栅的 DBR-LD。在前方和后方的 DBR 区域中，由不均匀衍射光栅产生大量的反射峰值，且反射峰值的间隔在前方和后方仅错开一点点。由于通过该构造能够获得所谓的“微调效应”，所以可实现极宽的波长调谐范围。在该使用不均匀衍射光栅的 DBR-LD 中能够实现超过 100nm 的波长调谐动作和 40nm 的准连续波长调谐动作。

20 另一方面，在后一类型中，提出有使设在激光元件外的衍射光栅旋转从而使特定波长的光返回激光元件的波长可调谐激光器。此外，在这种波长可调谐激光器中需要逐次监视振荡波长的机构。以往，将校准器等具有波长选择性能的部件引入模块内，并利用其进行振荡波长的监视。

- 25 非专利文献 1：小林 功朗 著，“光集積デバイス（光集成器件）”、第一版第二次印刷，共立出版株式会社、2000 年 12 月，p.104-122。

然而，虽然在以往的波长可调谐激光器中，至今为止提出了多种构造，但由于存在发生跳模、波长控制方法复杂、抗振性弱、元件增大而带来的价格升高等缺点，所以难以实际应用的情况一直没有改变。

在 DBR-LD 中, 通过向 DBR 区域注入载流子, 使该部分的折射率发生变化, 从而实现波长调谐操作。因此, 由于电流注入造成结晶缺陷增加, 于是折射率相对于电流注入的变化比率显著变动, 所以难以长期维持固定波长的激光振荡。此外, 以现有的化合物半导体的加工技术, 不可能进行两英寸以上的加工。因此, 在由于变得复杂而尺寸变大的激光元件中, 难以在目前的基础上降低价格。

另一方面, 在将可调谐波长的机构设在激光元件外的结构中, 由于振动而易于发生振荡模跳变, 因此为了避免这种情况需要大型的抗震机构。因此导致模块尺寸的增大以及价格的上升。此外, 为了监视振荡波长, 例如除了需要校准仪还需要光接收元件等很多的光学部件, 因此由于组装而导致成本上升。此外, 在以往一直进行的利用透镜将激光出射面和校准仪空间耦合的方法中, 由于校准仪的微小的位置偏移而导致波长准确性的变动。因此, 校准仪需要高精度的安装技术, 从而对其进行组装成为成本上升的原因。

15

发明内容

因此, 本发明的目的在于, 提供一种能够克服在实际应用中成问题的现有波长可调谐激光器的技术问题, 实现高可靠性、高性能、低价格且低消耗功率、动作稳定等的波长可调谐激光器。

20 本发明的波长可调谐激光器具有: 多重环形谐振器, 其由具有互不相同的光程的用于波长调谐的环状波导和用于波长固定的环状波导构成的多个环形谐振器通过光学耦合单元连接而成; 输入输出侧波导, 其一端经由光学耦合单元与多个环形谐振器中的一个连接; 反射侧波导, 其一端通过光学耦合单元与多个环形谐振器的另一个连接; 衬底, 其形成有多重环形
25 谐振器、输入输出侧波导和反射侧波导; 光反射单元, 其设在反射侧波导的另一端; 光输入输出单元, 其光输入输出端与输入输出侧波导的另一端连接; 供热单元, 其设在用于波长调谐的环状波导上的衬底的表面上, 并向用于波长调谐的环状波导供热; 以及热传导抑制单元, 用于抑制从供热单元供给的热量向除了用于波长调谐的环状波导的衬底传导。

从光输入输出单元射出的光经过光输入输出端→输入输出侧波导→光学耦合单元→多重环形谐振器→光学耦合单元→反射侧波导→光反射单元→反射侧波导→光学耦合单元→多重环形谐振器→光学耦合单元→输入输出侧波导→光输入输出端这一路径返回。该返回光在具有多重环形谐振器的谐振波长时最强。其理由是，由于构成多重环形谐振器的各个环形谐振器的FSR（free spectral range，自由光谱范围）稍有不同，所以在各环形谐振器所产生的反射（透过）的周期性变化一致的波长（谐振波长）上，产生更大的反射。

然后，由于周期一致的波长随着各环形谐振器的圆周长度和波导折射率的变化而大幅改变，所以可以得到高效率的波长调谐操作。该波导折射率能够由于热光学效应而改变。所谓热光学效应，就是材料的折射率由于受热而增加的想象，通常，什么样的材料都具有该特性。因此，利用多个环形谐振器的温度特性，也就是通过从供热单元向用于波长调谐的环状波导供热，能够使多重环形谐振器的谐振波长变化。这样，在本发明中，将多个圆周略有不同的环形谐振器串连接，从而构成多重环形谐振器，由此产生的微调效应得到了巧妙利用。

此时，热传导抑制单元抑制从供热单元供给的热量向除了用于波长调谐的环状波导的衬底传导。其结果是，由于从供热单元供给的热量毫无浪费地传导给用于波长调谐的环状波导，所以能够实现低消耗功率和高速响应。

衬底例如是PLC衬底。光输入输出单元例如是半导体光放大器（以下称SOA（semiconductor optical amplifier，半导体光放大器））、光纤放大器、半导体激光器等。供热单元是供给正热量的加热单元、供给负热量的冷却单元、供给正负双方的热量的加热冷却单元（例如珀耳帖元件）等。具体地说，设在衬底上的膜状加热器也可以。膜状加热器可以通过在衬底上形成例如金属膜来简单获得，所以制造容易。此外，还设有将衬底的温度保持恒定的温度调节单元，从而使用于波长固定的环形谐振器的FSR与ITU网格一致。

热传导单元也可以是形成在用于波长调谐的环状波导的周围的衬底上

的隔热槽。该隔热槽也可以从衬底的表面经过用于波长调谐的环状波导的下方到达衬底的表面。此时，由于从用于波长调谐的环状波导的下方向衬底的热传导被抑制，所以进一步提高了隔热效果。另外，隔热槽可以是空洞，也可以填入比衬底热阻抗大的材料。

- 5 根据本发明，能够在组合了多重环形谐振器和光输入输出单元的波长可调谐激光器中实现以下效果。通过不向用于波长固定的环形谐振器引入隔热构造而将热阻抗保持在较小状态，相对于周围温度变化能够实现稳定工作。在安装了供热单元的用于波长调谐的环形谐振器周边形成隔热槽，从而增大热阻抗，降低消耗功率。这样，通过针对每个形成在衬底内的环
- 10 形谐振器根据其目的来改变热阻抗，能够实现消耗功率的降低以及工作的稳定。

附图说明

图 1 是示出本发明第一实施方式的波长可调谐激光器的平面图；

- 15 图 2A 和图 2B 是图 1 中 II-II 线纵截面图，其中图 2A 是第一例子，图 2B 是第二例子；

图 3 是示出本发明第二实施方式的波长可调谐激光器的平面图。

具体实施方式

- 20 下面基于附图来说明本发明的实施方式。

（第一实施方式）

如图 1 所示，本实施方式的波长可调谐激光器 10 具有多重环形谐振器 20、输入输出侧波导 11、反射侧波导 12、高反射膜 14、光输入输出单元 16、膜状加热器 22h 以及隔热槽 22b、22c、22d。

- 25 所述多重环形谐振器 20 由两个环形谐振器 21、22 组合而构成。一个所述环形谐振器 21 具有环状波导 21a，另一个所述环形谐振器 22 具有环状波导 22a，所述环状波导 21a 和 22a 经由定向耦合器和波导（两者均省略标号，下同）而被耦合。另外，本发明的实施方式中的多重环形谐振器 20 将两个环形谐振器 21 和 22 组合成串连连接的结构。

所述输入输出侧波导 11 经由定向耦合器与所述环形谐振器 21 的环状波导 21a 耦合。此外，所述反射侧波导 12 经由定向耦合器与所述环形谐振器 21 的环状波导 22a 耦合。所述高反射膜 14 被设置在反射侧波导 12 的末端，并具有将从多重环形谐振器 20 输出到反射侧波导 12 的光信号反射到反射侧波导 12 一侧的功能。所述 SOA 16 的输入输出端（省略标号）经由抗反射膜 15 与所述输入输出波导 11 耦合。

所述多重环形谐振器 20、输入输出侧波导 11 以及反射侧波导 12 被形成在 PLC 衬底 13 上。

所述膜状加热器 22h 围绕着环状波导 22a 而被形成在 PLC 衬底 13 上，并向环状波导 22a 供热。所述隔热槽 22b、22d 从外周一侧覆盖着所述膜状加热器 22h 而被形成在 PLC 衬底 13 上；所述隔热槽 22c 从内周一侧覆盖着所述膜状加热器 22h 而被形成在 PLC 衬底 13 上；这些隔热槽 22b、22c、22d 能够阻止来自膜状加热器 22h 的热量给 PLC 衬底 13 的其他构成部件带来影响。尤其是，这些隔热槽 22b、22c、22d 能够隔热，从而环形谐振器 21 的环状波导 21a 的光程，即环状波导 21a 的圆周长度和波导的折射率不会由于膜状加热器 22h 而变化。

用于波长固定的环状波导 21a 和用于波长调谐的环状波导 22a 被设定互不相同的光程。膜状加热器 22h 由顺着用于波长调谐的环状波导 22a 的形状的圆弧形的、例如氧化铝膜形成，圆弧的两端是通电用的电极。在组合了所述环形谐振器 21 和所述环形谐振器 22 的多重环形谐振器 20 中，由于环状波导 21a 和 22a 的光程被设定为互不相同，所以在周期不同的环状谐振器 21、22 的频率交叉的波长谐振。然后所述多重环形谐振器 20 的谐振波长可以根据环状波导 21a、22a 的圆周长度以及该波导的折射率的变化而改变。因此，在本实施方式中，通过膜状加热器 22h 向环状波导 21a、22a 供热，使得环状波导 21a、22a 的圆周长度和折射率变化，从而使得多重环形谐振器 20 的谐振波长发生变化。

作为光输入输出单元 16，这里使用了半导体光放大器（semiconductor optical amplifier; SOA，半导体光放大器）。也可以使用光纤放大器等来代替该 SOA。另外，PLC 衬底 13 也可以设在作为温度调节单元的珀耳帖

元件上。该珀耳帖元件将 PLC 衬底 13 的温度保持恒定，从而使得环形谐振器 21 的 FSR 与 ITU 网格一致。

在图 1 所示的本发明的实施方式中，从 SOA 16 射出的光经过光输入输出端→输入输出侧波导 11→定向耦合器→多重环形谐振器 20→定向耦合器→反射侧波导 12，直到高反射膜 14，并由高反射膜 14 反射，在经过反射侧波导 12→定向耦合器→多重环形谐振器 20→定向耦合器→输入输出侧波导 11→光输入输出端这一路径返回。

所述返回光在多重环形谐振器 20 谐振的波长时最强。其理由是，由于构成多重环形谐振器 20 的各个环形谐振器 21、22 的 FSR 稍有不同，所以在各环形谐振器 21、22 所产生的反射（透过）的周期性变化一致的波长（谐振波长）上，产生更大的反射。

然后，由于多重环形谐振器 20 的谐振波长随着环形谐振器 21、22 的圆周长度和波导折射率的变化而大幅改变，所以基于膜状加热器 22h 的热供应，可以得到多重环形谐振器 20 的高效率的波长调谐动作。该波导折射率能够由于热光学效应而改变。即，通过从膜状加热器 22h 向用于波长调谐的环状波导 22a 供热，能够利用多个环形谐振器 21、22 的温度特性，从而能够使多重环形谐振器 20 的谐振波长变化。这样，在本实施方式中，将多个圆周略有不同的环形谐振器 21、22 串连连接，从而构成多重环形谐振器 20，由此产生的微调效应得到了巧妙利用。

此时，隔热槽 22b、22c、22d 抑制从膜状加热器 22h 供给的热量向除了用于波长调谐的环状波导 22a 的 PLC 衬底 13 的传导。其结果是，由于从膜状加热器 22h 供给的热量毫无浪费地传导给用于波长调谐的环状波导 22a，所以能够实现低消耗功率和高速响应。

图 2A 和图 2B 中示出了所述隔热槽 22b、22c、22d 的具体示例。如图 2A 所示，优选隔热槽 22b、22c、22d 从用于波长调谐的环状波导 22a 的周围的 PLC 衬底 13 的表面形成得比用于波长调谐的环状波导 22a 深。用于提高隔热效果。隔热槽 22b、22d 位于用于波长调谐的环状波导 22a 的外侧，并沿着用于波长调谐的环状波导 22a 形成圆弧状。隔热槽 22c 位于用于波长调谐的环状波导 22a 的内侧，并沿着用于波长调谐的环状波导 22a

形成圆周状。

PLC 衬底 13 是将包含了核心层 33 的镀层 32 形成在硅衬底 31 上的构造。形成在所述镀层 32 内的核心层 33 相当于环形谐振器 21 的环状波导 21a。另外，环状波导 22 的环状波导 22a 与所述环状波导 22a 一样，是作为埋设在镀层内的核心层而构成的。对于环状波导 22a 来说，由隔热槽 22b、22c、22d 进行与膜状加热器 22h 的热隔断。

接下来说明隔热槽 22b、22c、22d 的形成方法。首先，通过一般的 PLC 的制造方法在硅衬底 31 上形成包含了核心层 33 的镀层 32。然后通过
对镀层 32 进行蚀刻来获得隔热槽 22b、22c、22d。

对于图 2B 所示的隔热槽的构造，在用于波长调谐的环状波导 22a 的下方也形成了隔热槽 22e。即，隔热槽 22b、22c、22d、22e 从 PLC 衬底 13 的表面起，通过用于波长调谐的环状波导 22a 的下方，而又到达 PLC 衬底 13 的表面。此时，由于能够抑制从用于波长调谐的环状波导 22a 的下方
向 PLC 衬底 13 的热传导，所以进一步提高了隔热效果。

接下来说明隔热槽 22e 的形成方法。首先，在硅衬底 31 上形成由其他材料形成的牺牲层，然后在该牺牲层上形成包含了核心层 33 的镀层 32。
接下来通过对镀层 32 进行蚀刻来形成隔热槽 22b、22c、22d。最后通过只
对牺牲层进行蚀刻来获得隔热槽 22e、

下面，对以上说明的本实施方式的波长可调谐激光器 10 进行更为详细的说明。

在本发明的实施方式的波长可调谐激光器 10 中，使环形谐振器 21 的光信号的反射（透过）的周期性变化与 ITU 网格的规定周期一致，从而利用环形谐振器 21 固定波长。该波长固定中所使用的环形谐振器 21 的光信号的反射（透过）的周期性变化对 PLC 衬底 13 的整体温度进行调节。若
具体说明，是通过将整个 PLC 衬底 13 的温度维持恒定来抑制环状波导 21a 的圆周长度和波导的折射率的变化，从而固定环状波导 21a 的光程，
由此来使环形谐振器 21 的光信号的反射（透过）的周期性变化与 ITU 网格的规定周期（波长）一致。

因此，在用于波长固定的环形谐振器 21 中不需要用于相位调节的加

热器，并且即使外部温度变化也不会发生波长变动。在实现波长调谐动作的环形谐振器 22 中需要低消耗功率的热移相器，即膜状加热器 22h。这样，在波长可调谐激光器 10 中需要形成特性不同的环形谐振器 21、22。

即，在波长可调谐激光器 10 中，优选在用于波长固定的环形谐振器 21 中采用相对于外部温度变化而折射率难以发生变化的、热阻抗小的构造，在进行波长调谐动作的环形谐振器 22 中采用用于降低消耗功率的热阻抗大的构造。为了在 PLC 衬底 13 的同一面内改变热阻抗，针对用于波长调谐的环状波导 22a 的周边区域形成隔热槽 22b、22c、22d 是很有效的。除此之外，形成隔热槽 22e，以实现使用于波长调谐的环状波导 22a 成为悬浮在空中的桥构造也很有效。

对 PLC 衬底 13 的端面实施抗反射膜 15 和高反射膜 14 的涂覆，并且抗反射膜 15 与 SOA 16 耦合。该耦合可以是图中所示的直接耦合，也可以是将透镜置于 SOA 16—PLC 衬底 13 之间的空间耦合、以及通过无源队列等的安装方法将 SOA 16 直接安装在 PLC 衬底 13 上的方式。多重环形谐振器 20 由两级构成，在用于波长调谐的环状波导 22a 的周边形成隔热槽 22b、22c、22d，以便将膜状加热器 22h 产生的热量有效地集中到用于波长调谐的波导 22a 的周边。由于通过隔热槽 22b、22c、22d 来增加热阻抗，所以能够降低热移相器的消耗功率。由于没有用于波长固定的环状波导 21a 的周边形成隔热槽因而热阻抗小，从而硅衬底 30 的温度易于传导到用于波长固定的环状波导 21a。除此以外，由于热阻抗小，即使封装外部的周围温度变化，用于波长固定的环状波导 21a 的温度也难以变化，所以可以期待稳定的工作。

图 2B 的例子是使用于波长调谐的环状波导 22a 周边浮在空中的构造，与图 2A 的例子相比，能够进一步增大热阻抗，从而能够进一步降低消耗功率。此外，与图 2A 的例子一样，由于在用于波长固定的环状波导 21a 周边没有引入隔热构造，所以相对于周边温度的波长变化小，从而可以期待稳定的工作。

如上所述，根据本实施方式，在组合了多重环形谐振器 20 和 SOA 16 的波长可调谐激光器 10 中，由于没有在环状波导 21a 的周边导入隔热构

造，从而将热阻抗保持在较小状态，所以相对于周围温度变化能够实现稳定工作。另一方面，在安装了膜状加热器 22h 的用于波长调谐的环状波导 22a 的周边形成隔热槽 22b...，从而使热阻抗增大，实现消耗功率的降低。这样，在 PLC 衬底 13 内所形成的环形谐振器 21、22 中通过根据其目的来改变热阻抗，能够实现消耗功率降低、工作稳定等。

（第二实施方式）

图 1 所示的第一实施方式是对一级使用用于波长调谐的环形谐振器的情况进行了叙述，但本发明并不限于此，同样还可应用于多级引入用于波长调谐的环形谐振器的构造。对此，将在以下作为第二实施方式进行说明。

如图 3 所示，本实施方式的波长可调谐激光器 40 具有多重环形谐振器 20、输入输出侧波导 11、反射侧波导 12、高反射膜 14、SOA 16、膜状加热器 22h、23h 以及隔热槽 22b、22c、22d、23c、23d。

所述多重环形谐振器 20 由三个环形谐振器 21、22、23 组合构成。一个所述环形谐振器 21 具有环状波导 21a，其他所述环形谐振器 22、23 具有环状波导 22a、23a，所述环状波导 21a 和 22a、以及 22a 和 23a 经由定向耦合器和波导（两者均省略标号，下同）而被耦合。另外，本发明的实施方式中的多重环形谐振器 20 将三个环形谐振器 21、22 和 23 组装成串连接的结构。

所述输入输出侧波导 11 经由定向耦合器与所述环形谐振器 21 的环状波导 21a 耦合。此外，所述反射侧波导 12 经由定向耦合器与所述环形谐振器 23 的环状波导 23a 耦合。所述高反射膜 14 被设置在反射侧波导 12 的末端，并具有将从多重环形谐振器 20 输出到反射侧波导 12 的光信号反射到反射侧波导 12 一侧的功能。所述 SOA 16 的输入输出端（省略标号）经由抗反射膜 15 与所述输入输出波导 11 耦合。

所述多重环形谐振器 20、输入输出侧波导 11 以及反射侧波导 12 被形成在 PLC 衬底 13 上。

所述膜状加热器 22h、23h 围绕着环状波导 22a、23a 而被形成在 PLC 衬底 13 上，并向环状波导 22a、23a 供热。所述隔热槽 22b、22d、23b、

23d 从外周一侧覆盖着所述膜状加热器 22h、23h 而被形成在 PLC 衬底 13 上；所述隔热槽 22c、23c 从内周一侧覆盖着所述膜状加热器 22h、23h 而被形成在 PLC 衬底 13 上；这些隔热槽 22b、22c、22d、23b、23c、23d 能够阻止来自膜状加热器 22h、23h 的热量给 PLC 衬底 13 的其他构成部件带来影响。尤其是，这些隔热槽 22b、22c、22d、23b、23c、23d 能够隔热，从而环形谐振器 21 的环状波导 21a 的光程，即环状波导 21a 的圆周长度和波导的折射率不会由于膜状加热器 22h、23h 而变化。

用于波长固定的环状波导 21a 和用于波长调谐的环状波导 22a、23a 被设定互不相同的光程。膜状加热器 22h、23h 由顺着用于波长调谐的环状波导 22a、23a 的形状的圆弧形的、例如氧化铝膜形成，圆弧的两端是通电用的电极。在组合了所述环形谐振器 21 和所述环形谐振器 22、23 的多重环形谐振器 20 中，由于环状波导 21a 和 22a、23a 的光程被设定为互不相同，所以在周期不同的环形谐振器 21、22、23 的频率交叉的波长谐振。然后所述多重环形谐振器 20 的谐振波长可以根据环状波导 21a、22a、23a 的圆周长度以及该波导的折射率的变化而改变。因此，在本实施方式中，通过膜状加热器 22h、23h 向环状波导 21a、22a、23a 供热，使得环状波导 21a、22a、23a 的圆周长度和折射率变化，从而使得多重环形谐振器 20 的谐振波长变化。其他结构与图 1 所示的实施方式相同。

波长可调谐激光器 40 的构造是利用环形谐振器 21-23 的下路埠（drop port）的波长透过特性来选择谐振模式进行单纵模振荡的构造。构成多重环形谐振器 20 的三级环形谐振器 21-23 的圆周是略有不同的设计。由此，即使调谐三个环形谐振器 21、22、23 的谐振波长的范围是几十 nm 的宽波长范围，在周期不同的三个环形谐振器 21、22、23 的频率交叉的波长上谐振的现象也只有一个地方一致，因此在该波长上产生单纵模振荡。主要的波长调谐动作通过向形成在环形谐振器 22、23 中的膜状加热器 22h、23h 通电来进行。例如，环形谐振器 21-23 的圆周长度（即光程）分别为 4000 μm 、4400 μm 、4040 μm 。此时，环形谐振器 22 作为微调节用的调谐单元来工作，膜状加热器 23h 作为粗调节用的调谐单元来工作。此外，几十 pm 左右的波长控制通过向 SOA 16 的相位控制区域提供电流来执行。

通过本实施方式的波长可调谐激光器 40 能够实现与第一实施方式同等的作用及效果。

工业实用性

如以上所说明的那样，根据本发明能够在组合了多重环形谐振器和光
5 输入输出单元的波长可调谐激光器中实现以下效果。通过不向用于波长固定的环形谐振器引入隔热构造而将热阻抗保持在较小状态，相对于周围温度变化能够实现稳定工作。在安装了供热单元的用于波长调谐的环形谐振器周边形成隔热槽，从而增大热阻抗，降低消耗功率。这样，通过针对每个形成在衬底内的环形谐振器根据其目的来改变热阻抗，能够实现消耗功
10 率的降低以及工作的稳定。

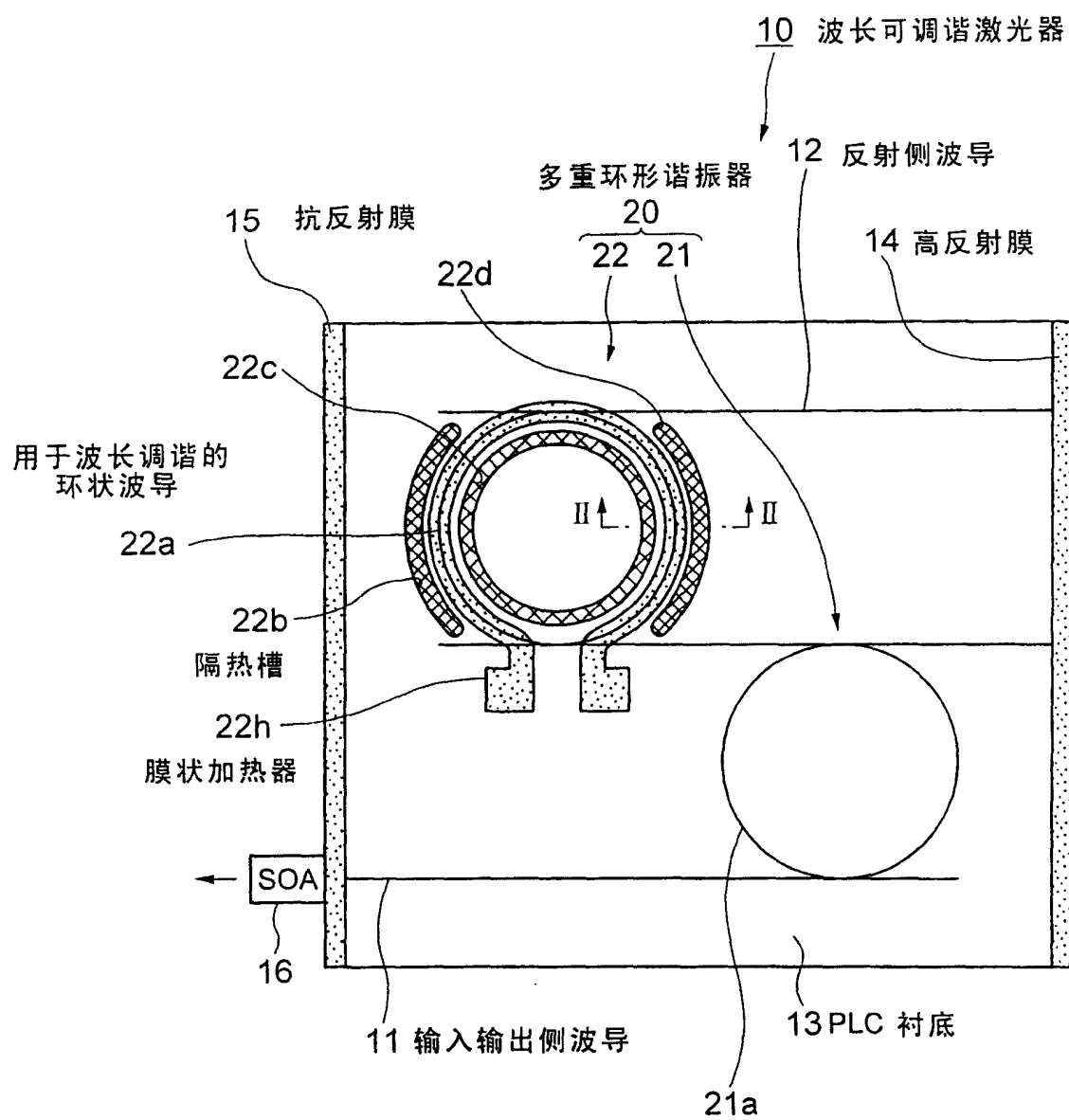


图1

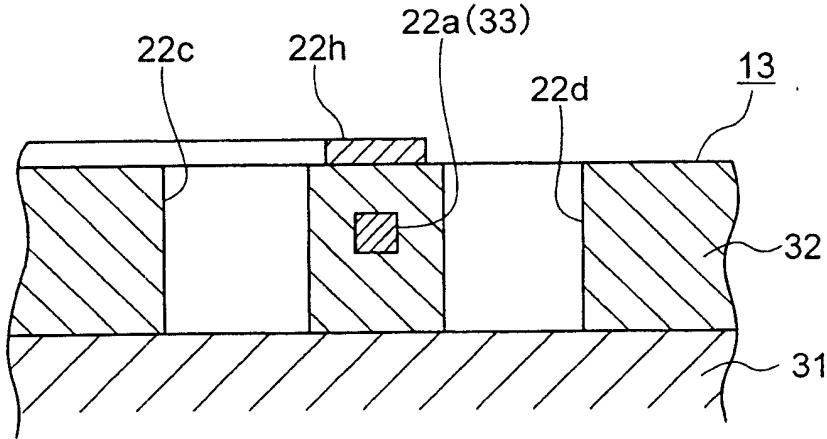


图2A

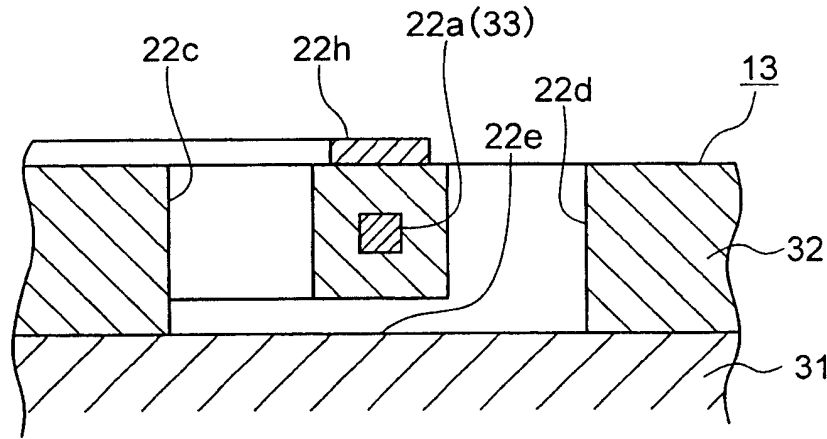


图2B

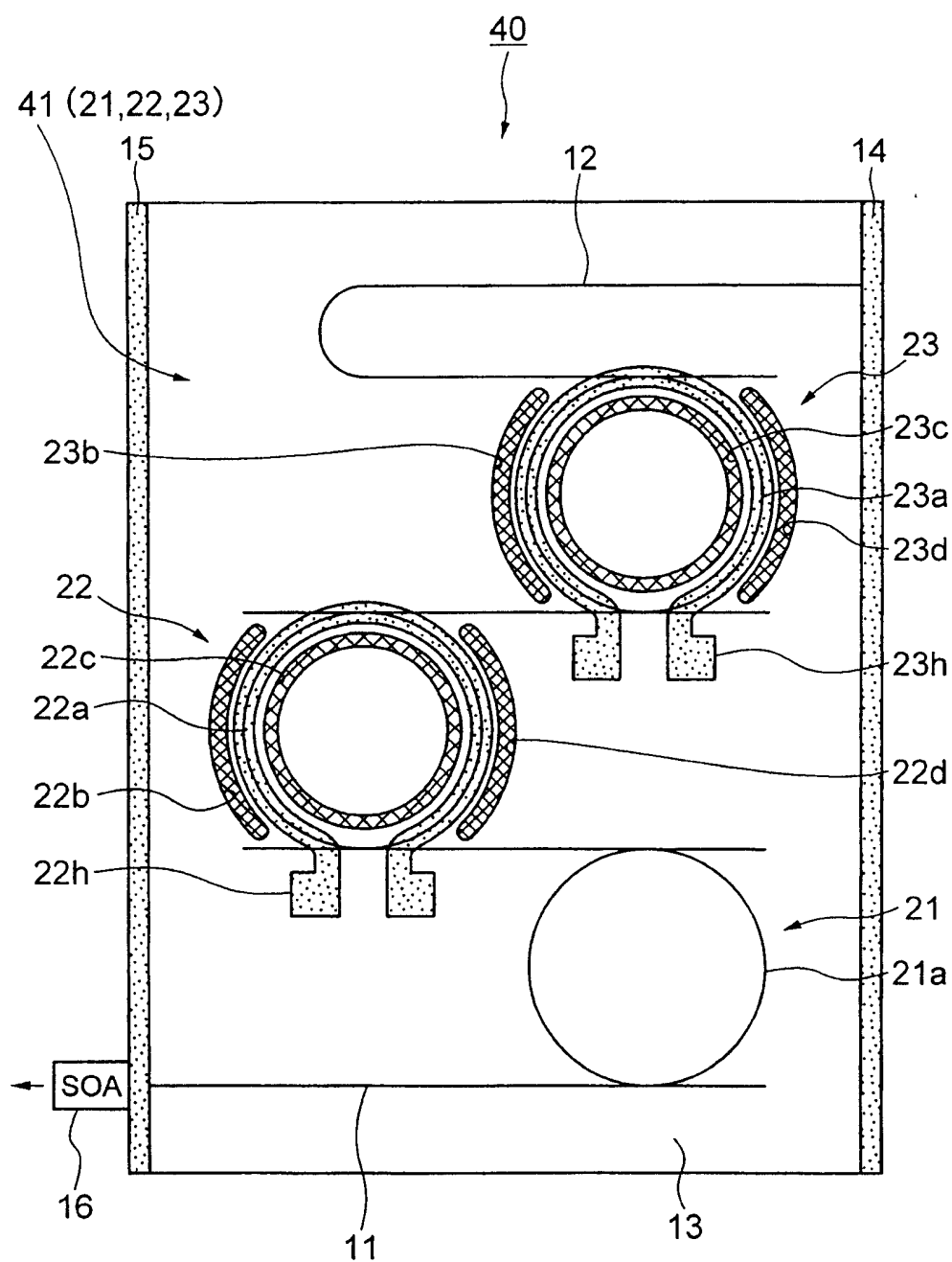


图3