

外腔式激光器及其调谐方法

技术领域

[0001] 本公开涉及光通信技术领域，特别是涉及一种外腔式激光器及其调谐方法。

背景技术

[0002] 目前，外腔式激光器正向着体积小、功耗低、速度快的方向发展。这也使得外腔式激光器在光通信技术的应用中受到了越来越多的重视。

[0003] 相关技术中，外腔式激光器多采用微环谐振腔（也称微环调制器）作为其外腔反射镜，从而可以利用微环谐振腔与半导体增益芯片的混合集成，实现激光器的高速直调。

[0004] 然而，受微环自由光谱范围的限制，微环谐振腔属于窄带器件，需要精确调节和控制其谐振峰，才可以使其谐振峰与光源输入光的波长相一致。并且，微环谐振腔的谐振峰一旦发生漂移，其对于半导体增益芯片的反射率也会随之改变，使得微环谐振腔腔内的光场不稳定，从而影响微环谐振腔调谐后光信号的质量。

发明概述

技术问题

[0005] 基于此，本公开实施例提供了一种外腔式激光器及其调谐方法，能够在实现激光器小型化、高速直调的基础上，确保激光器的出光高效稳定。

问题的解决方案

技术解决方案

[0006] 为了实现上述目的，一方面，本公开一些实施例提供了一种外腔式激光器。该外腔式激光器包括：增益芯片、以及与增益芯片耦合的可调谐反射镜。该可调谐反射镜，包括：主波导、分束器、第一分支波导、第一光子晶体调制器、第二分支波导、以及第二光子晶体调制器。其中，主波导与增益芯片耦接，被配置为接收增益芯片传输的光信号。分束器与主波导耦接，被配置为：将主波导传输的光信号等分为第一路光信号和第二路光信号。第一分支波导与分束器耦

接，被配置为接收第一路光信号。第一光子晶体调制器设置于第一分支波导的旁侧，被配置为：对第一分支波导传输的第一路光信号进行调谐。第二分支波导与分束器耦接，被配置为：接收第二路光信号。第二光子晶体调制器设置于第二分支波导的旁侧，被配置为：对第二分支波导传输的第二路光信号进行调谐。

- [0007] 本公开实施例中，增益芯片可以与可调谐反射镜共同构成外腔式激光器的F-P腔。在增益芯片将光信号传输至可调谐反射镜的主波导后，利用分束器可以将主波导传输的光信号等分为第一路光信号和第二路光信号，然后再利用第一光子晶体调制器对第一路光信号进行调谐，利用第二光子晶体调制器对第二路光信号进行调谐。这样在第一光子晶体调制器和第二光子晶体调制器的调谐作用下、以及F-P腔内光束反射和光束干涉的作用下，可以使光信号从外腔式激光器的输出端口直接并快速的输出，从而实现外腔式激光器的高速直调。
- [0008] 在一些实施例中，可调谐反射镜还包括：公共波导。
- [0009] 第一光子晶体调制器设置于第一分支波导的靠近第二分支波导的一侧，第二光子晶体调制器设置于第二分支波导的靠近第一分支波导的一侧。公共波导设置于第一光子晶体调制器和第二光子晶体调制器之间。
- [0010] 公共波导被配置为：接收由第一光子晶体调制器调谐后的第一路光信号，并将所述调谐后的第一路光信号传输至第二光子晶体调制器的谐振腔内，以由第二光子晶体调制器进行二次调谐后耦合至第二分支波导；以及，接收由第二光子晶体调制器调谐后的第二路光信号，并将所述调谐后的第二路光信号传输至第一光子晶体调制器的谐振腔内，以由第一光子晶体调制器进行二次调谐后耦合至第一分支波导。
- [0011] 本公开实施例中，公共波导位于第一光子晶体调制器和第二光子晶体调制器之间。这样通过公共波导可以实现第一路光信号和第二路光信号的二次调谐，也即实现第一路光信号和第二路光信号在FP腔内的推挽式调谐，以在较大程度上实现光信号的调谐，并使第一路光信号和第二路光信号的调谐具有相同的光程（位移）。
- [0012] 例如，在等分光信号为第一路光信号和第二路光信号后，第一光子晶体调制器

和第二光子晶体调制器可以进行两路光信号的反相调制，即在相同的输入电信号作用下，使第一光子晶体调制器和第二光子晶体调制器的谐振峰分别向相反方向移动。因此，当第一路光信号和第二路光信号分别经过第一光子晶体调制器和第二光子晶体调制器两次调谐后，第一光子晶体调制器和第二光子晶体调制器之间谐振峰的变化，可以抵消第一路光信号和第二路光信号调制过程中FP腔内光束反射的变化，以确保FP腔具有稳定的光反射率和稳定的光场，增益芯片的工作状态不再受调制信号的影响，从而确保外腔式激光器高效稳定的出光。

- [0013] 在一些实施例中，可调谐反射镜还包括：相对设置的下包层和上包层。主波导、分束器、第一分支波导、第一光子晶体调制器、第二分支波导、第二光子晶体调制器、以及公共波导分别设置于下包层和上包层之间。
- [0014] 在一些实施例中，下包层的上表面设置有半导体层。可调谐反射镜还包括：设置于上包层的上表面的第一电极、第二电极和公共电极。第一电极、第二电极和公共电极分别通过上包层中的过孔与半导体层对应连接。
- [0015] 第一光子晶体调制器位于第一电极和公共电极之间，被配置为：在第一电极和公共电极提供的电信号的作用下调谐光信号。第二光子晶体调制器位于第二电极和公共电极之间，被配置为：在第二电极和公共电极提供的电信号的作用下调谐光信号。
- [0016] 如此，第一电极和公共电极分别提供不同的电压信号，便可以利用二者之间的偏压，对第一光子晶体调制器的谐振峰进行调节。第二电极和公共电极分别提供不同的电压信号，便可以利用二者之间的偏压，对第二光子晶体调制器的谐振峰进行调节。
- [0017] 在一些实施例中，公共波导在上包层上的正投影形状为“U”型。如此，在确保公共波导能够满足光信号传输的基础上，可以较为合理的设置可调谐反射镜内各组成部分的空间位置，从而有利于减小可调谐反射镜的平面面积，以减小外腔式激光器的整体尺寸，进而提升外腔式激光器的光调制速度。
- [0018] 可选的，公共电极位于公共波导在上包层上的正投影的内凹区域内。
- [0019] 在一些实施例中，可调谐反射镜还包括：第一加热层和第二加热层。其中，第

一加热层设置于上包层的上表面，并位于第一光子晶体调制器在上包层上的正投影范围内。第二加热层设置于上包层的上表面，并位于第二光子晶体调制器在上包层上的正投影范围内。这样第一加热层加热后可以使得第一光子晶体调制器的有效折射率发生变化，从而调节第一光子晶体调制器的谐振峰。同理，第二加热层加热后可以使得第二光子晶体调制器的有效折射率发生变化，从而调节第二光子晶体调制器的谐振峰。

[0020] 在此基础上，利用第一加热层和第二加热层，可以针对第一光子晶体调制器的谐振峰和第二光子晶体调制器的谐振峰进行独立调节，以确保第一光子晶体调制器和第二光子晶体调制器的谐振峰相一致，从而弥补因加工误差等因素造成的谐振峰偏差问题，有利于提升可调谐反射镜的调制效率，同时确保其光反射率，以进一步确保外腔式激光器高效且稳定的出光。

[0021] 在另一些实施例中，第一分支波导沿第一方向延伸，第二分支波导沿第二方向延伸；第一方向和第二方向分别与主波导的传输方向相交，且以主波导的传输方向为中心对称。第一光子晶体调制器沿第一方向设置于第一分支波导的旁侧；第二光子晶体调制器沿第二方向设置于第二分支波导的旁侧。

[0022] 可调谐反射镜还包括：公共波导。公共波导设置于第一光子晶体调制器的远离第一分支波导的一侧，以及第二光子晶体调制器的远离第二分支波导的一侧。公共波导被配置为：接收由第一光子晶体调制器调谐后的第一路光信号，并将所述调谐后的第一路光信号传输至第二光子晶体调制器的谐振腔内，以由第二光子晶体调制器进行二次调谐后耦合至第二分支波导；以及，接收由第二光子晶体调制器调谐后的第二路光信号，并将所述调谐后的第二路光信号传输至第一光子晶体调制器的谐振腔内，以由第一光子晶体调制器进行二次调谐后耦合至第一分支波导。

[0023] 可选的，公共波导包括直波导。

[0024] 本公开实施例中的公共波导所能实现的技术效果，与前述一些实施例中的公共波导相同，在此不再详述。

[0025] 在一些实施例中，可调谐反射镜还包括：第一相移器和第二相移器。其中，第一相移器与第一分支波导耦合，被配置为：调节第一分支波导接收的第一路光

信号的相位。第二相移器与第二分支波导耦合，被配置为：调节第二分支波导接收的第二路光信号的相位。如此，通过独立调节第一路光信号和第二路光信号的相位，以使二者的相位保持一致，可以避免因工艺误差或设计误差等因素在第一路光信号和第二路光信号的传输中引入相位差，而导致F-P腔内出现光场不稳定的问题。从而有利于确保激光器的出光高效稳定。

[0026] 在一些实施例中，可调谐反射镜还包括：波长调节器。其中，波长调节器与主波导耦合，被配置为：调节主波导接收的光信号的波长。这样利用波长调节器对主波导接收的光信号的波长进行调节，可以使得增益芯片传输至主波导的光信号的波长与第一光子晶体调制器及第二光子晶体调制器的工作波长相匹配，以确保增益芯片的工作输出（例如输出功率）不受第一光子晶体调制器和第二光子晶体调制器调制状态变化的影响。

[0027] 在一些实施例中，第一光子晶体调制器和第二光子晶体调制器分别包括：一个光子晶体调制结构，或级联的多个光子晶体调制结构。这样经每一光子晶体调制结构调谐后位于其谐振峰处的光信号能够进入相邻或相对的光子晶体调制结构中，以在较大程度上实现光信号的调谐，有利于提升第一光子晶体调制器和第二光子晶体调制器对光信号的调谐效率和调谐质量。

[0028] 可选的，光子晶体调制结构包括：一维光子晶体纳米梁腔结构或二维光子晶体平板结构。

[0029] 可选的，光子晶体调制结构包括：圆柱型阵列结构、鱼骨式结构、或孔式阵列结构。

[0030] 在一些实施例中，分束器包括：Y分支波导、 1×2 多模干涉耦合器、 2×2 多模干涉耦合器、或分束比为50:50的定向耦合器。

[0031] 另一方面，本公开一些实施例提供了一种外腔式激光器的调谐方法。所述调谐方法包括的步骤如下所述。

[0032] 主波导接收增益芯片传输的光信号，并将所述光信号传输至分束器。

[0033] 分束器将所述光信号等分为第一路光信号和第二路光信号，并将第一路光信号传输至第一分支波导，将第二路光信号传输至第二分支波导。

[0034] 第一光子晶体调制器对第一分支波导传输的第一路光信号进行调谐。

- [0035] 第二光子晶体调制器对第二分支波导传输的第二路光信号进行调谐。
- [0036] 在一些实施例中，外腔式激光器的调谐方法还包括如下步骤。
- [0037] 第一光子晶体调制器将调谐后的第一路光信号耦合至公共波导，由公共波导将所述调谐后的第一路光信号传输至第二光子晶体调制器的谐振腔内，并由第二光子晶体调制器对所述调谐后的第一路光信号进行二次调谐，以及将二次调谐后的第一路光信号耦合至第二分支波导。
- [0038] 第二光子晶体调制器将调谐后的第二路光信号耦合至公共波导，由公共波导将所述调谐后的第二路光信号传输至第一光子晶体调制器的谐振腔内，并由第一光子晶体调制器对所述调谐后的第二路光信号进行二次调谐，以及将二次调谐后的第二路光信号耦合至第一分支波导。
- [0039] 在一些实施例中，外腔式激光器的调谐方法还包括如下步骤。
- [0040] 通过第一加热层调节第一光子晶体调制器的谐振峰，以使第一光子晶体调制器的谐振峰和第二光子晶体调制器的谐振峰一致。
- [0041] 通过第二加热层调节第二光子晶体调制器的谐振峰，以使第二光子晶体调制器的谐振峰和第一光子晶体调制器的谐振峰一致。
- [0042] 在一些实施例中，外腔式激光器的调谐方法还包括如下步骤。
- [0043] 在主波导将光信号传输至分束器之前，通过波长调节器调节光信号的波长，以使光信号的波长与第一光子晶体调制器的工作波长、第二光子晶体调制器的工作波长一致。
- [0044] 在一些实施例中，外腔式激光器的调谐方法还包括如下步骤。
- [0045] 在第一光子晶体调制器对第一分支波导传输的第一路光信号进行调谐之前，通过第一相移器调节第一路光信号的相位，以使第一路光信号的相位和第二路光信号的相位一致。
- [0046] 在第二光子晶体调制器对第二分支波导传输的第二路光信号进行调谐之前，通过第二相移器调节第二路光信号的相位，以使第二路光信号的相位和第一路光信号的相位一致。

发明的有益效果

有益效果

[0047] 本公开实施例提供的外腔式激光器的调谐方法，应用于前述一些实施例中的外腔式激光器。前述外腔式激光器所能实现的技术效果，该调谐方法也均能实现，此处不再详述。

对附图的简要说明

附图说明

[0048] 为了更清楚地说明本公开实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本公开的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0049] 图1为一实施例中提供的一种外腔式激光器中可调谐反射镜的结构示意图；

[0050] 图2为一实施例中提供的另一种外腔式激光器中可调谐反射镜的结构示意图；

[0051] 图3为图2所示的可调谐反射镜中一种第一路光信号的调谐路径图；

[0052] 图4为图3所示的第一路光信号的调谐路径中第一光子晶体调制器的谐振腔的示意图；

[0053] 图5为图3所示的第一路光信号的调谐路径中第二光子晶体调制器的谐振腔的示意图；

[0054] 图6为图2所示的可调谐反射镜中一种第二路光信号的调谐路径图；

[0055] 图7为图6所示的第二路光信号的调谐路径中第二光子晶体调制器的谐振腔的示意图；

[0056] 图8为图6所示的第二路光信号的调谐路径中第一光子晶体调制器的谐振腔的示意图；

[0057] 图9为一实施例中提供的一维光子晶体调制结构的结构示意图；

[0058] 图10为一实施例中提供的二维光子晶体调制结构的结构示意图；

[0059] 图11为一实施例中提供的光子晶体调制结构采用圆柱型阵列结构时的结构示意图；

[0060] 图12为一实施例中提供的光子晶体调制结构采用鱼骨式结构时的结构示意图；

[0061] 图13为一实施例中提供的光子晶体调制结构采用孔式阵列结构时的结构示意图；

- [0062] 图14为图2所示的一种可调谐反射镜沿A-A向的剖面示意图；
- [0063] 图15为图2所示的一种可调谐反射镜沿B-B向的剖面示意图；
- [0064] 图16为图2所示的一种可调谐反射镜沿C-C向的剖面示意图；
- [0065] 图17为图2所示的一种可调谐反射镜沿D-D向的剖面示意图；
- [0066] 图18为一实施例中提供的又一种外腔式激光器中可调谐反射镜的结构示意图；
- [0067] 图19为一实施例中提供的又一种外腔式激光器中可调谐反射镜的结构示意图；
- [0068] 图20为一实施例中提供的一种外腔式激光器的光信号调谐原理图；
- [0069] 图21为一实施例中提供的另一种外腔式激光器的光信号调谐原理图；
- [0070] 图22为一实施例中提供的一种外腔式激光器的光传输谱图。
- [0071]
- [0072] 附图标记说明：
- [0073] 100-外腔式激光器，1-增益芯片，2-可调谐反射镜，21-主波导，
- [0074] 22-波长调节器，23-分束器，24-第一分支波导，241-第一相移器，
- [0075] 25-第二分支波导，251-第二相移器，26-第一光子晶体调制器，
- [0076] 261-第一加热层，27-第二光子晶体调制器，271-第二加热层，
- [0077] 28-公共波导，20-下包层，30-半导体层，40-上包层，50-功率监测器，
- [0078] 60-光子晶体调制结构，41-第一电极，42-第二电极，43-公共电极，
- [0079] R1-第一光子晶体调制器的谐振腔，R2-第二光子晶体调制器的谐振腔；
- [0080] L1-第一路光信号，L2-第二路光信号，R-反射光信号。

发明实施例

本发明的实施方式

- [0081] 为了便于理解本公开，下面将参照相关附图对本公开进行更全面的描述。附图中给出了本公开的实施例。但是，本公开可以以许多不同的形式来实现，并不限于本文所描述的实施例。相反地，提供这些实施例的目的是使本公开的公开内容更加透彻全面。
- [0082] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本公开的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本公开的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本公开。

- [0083] 应当明白，当元件或层被称为“在...上”、“与...相邻”、“连接到”或“耦合到”其它元件或层时，其可以直接地在其它元件或层上、与之相邻、连接或耦合到其它元件或层，或者可以存在居间的元件或层。相反，当元件被称为“直接在...上”、“与...直接相邻”、“直接连接到”或“直接耦合到”其它元件或层时，则不存在居间的元件或层。
- [0084] 应当明白，尽管可使用术语第一、第二、第三等描述各种元件、部件、区、层和/或部分，但这些元件、部件、区、层和/或部分不应当被这些术语限制。这些术语仅仅用来区分一个元件、部件、区、层或部分与另一个元件、部件、区、层或部分。因此，在不脱离本公开教导之下，下面讨论的第一元件、部件、区、层或部分可表示为第二元件、部件、区、层或部分。
- [0085] 空间关系术语例如“在...下”、“在...下面”、“下面的”、“在...之下”、“在...之上”、“上面的”等，在这里可以用于描述图中所示的一个元件或特征与其它元件或特征的关系。应当明白，除了图中所示的取向以外，空间关系术语还包括使用和操作中的器件的不同取向。例如，如果附图中的器件翻转，描述为“在其它元件下面”或“在其之下”或“在其下”元件或特征将取向为在其它元件或特征“上”。因此，示例性术语“在...下面”和“在...下”可包括上和下两个取向。此外，器件也可以包括另外地取向（譬如，旋转90度或其它取向），并且在此使用的空间描述语相应地被解释。
- [0086] 在此使用时，单数形式的“一”、“一个”和“所述/该”也可以包括复数形式，除非上下文清楚指出另外的方式。还应当理解的是，术语“包括/包含”或“具有”等指定所陈述的特征、整体、步骤、操作、组件、部分或它们的组合的存在，但是不排除存在或添加一个或更多个其他特征、整体、步骤、操作、组件、部分或它们的组合的可能性。同时，在本说明书中，术语“和/或”包括相关所列项目的任何及所有组合。
- [0087] 这里参考作为本公开的理想实施例(和中间结构)的示意图的横截面图来描述发明的实施例，这样可以预期由于例如制造技术和/或容差导致的所示形状的变化。因此，本公开的实施例不应当局限于在此所示的区的特定形状，而是包括由于例如制造技术导致的形状偏差。图中显示的区实质上是示意性的，它们的形

状并不表示器件的区的实际形状，且并不限定本发明的范围。

[0088] 目前，外腔式激光器因具有效率高、寿命长、频率稳定、波长调谐范围宽等优势，已被广泛应用于军事、工业、农业、航空、通讯、医学等多个科技行业领域。

[0089] 请参阅图1和图2，本公开一些实施例提供了一种外腔式激光器100。外腔式激光器100例如为硅基III/V混合集成激光器。

[0090] 需要说明的是，图1和图2仅示出了外腔式激光器100中外腔反馈元件的结构，外腔式激光器100其他组成部分的结构可参见相关技术，本公开实施例对此不做详述。

[0091] 如图1和图2中所示，外腔式激光器100包括：增益芯片1、以及与增益芯片1耦合的可调谐反射镜2。可调谐反射镜2包括：主波导21、分束器23、第一分支波导24、第二分支波导25、第一光子晶体调制器26、以及第二光子晶体调制器27。

[0092] 主波导21与增益芯片1耦接，被配置为接收增益芯片1传输的光信号。

[0093] 增益芯片1具有增益介质和高反面，增益芯片1例如为反射式的半导体放大器（Semiconductor Optical Amplifier，简称RSOA）。主波导21例如为硅基平面波导。增益芯片1可以通过端面耦合（包括表面垂直耦合）或光栅耦合的方式，与主波导21的输入端口耦接。

[0094] 分束器23与主波导21耦接，被配置为：将主波导21传输的光信号等分为第一路光信号和第二路光信号。

[0095] 分束器23用于等分光信号，以实现光功率的等分。分束器23可以采用：Y分支波导、1×2多模干涉耦合器（Multi-Mode Interference，简称MMI）、2×2多模干涉耦合器、或分束比为50:50的定向耦合器等。本公开实施例对此不作限制，根据实际需求选择即可。

[0096] 第一分支波导24与分束器23耦接，被配置为接收第一路光信号。第一光子晶体调制器26设置于第一分支波导24的旁侧，被配置为：对第一分支波导24传输的第一路光信号进行调谐。

[0097] 第二分支波导25与分束器23耦接，被配置为：接收第二路光信号。第二光子晶

体调制器27设置于第二分支波导25的旁侧，被配置为：对第二分支波导25传输的第二路光信号进行调谐。

- [0098] 第一分支波导24和第二分支波导25例如为硅基平面波导。
- [0099] 第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27采用光子晶体材料形成，具有尺寸较小、输出功率较大、以及等效反射变化较小等优势，不会存在自由光谱区（Free Spectral Range，简称FSR）的影响。并且，第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27的工作波段内的谐振峰只有一个，不易受模间竞争效应的影响，从而可以具有范围较大的工作波段，也便于调制控制。
- [0100] 本公开实施例中，增益芯片1的一高反面可以与可调谐反射镜2共同构成外腔式激光器100的F-P腔。外腔式激光器100的输出端口可以为一个或多个，例如：外腔式激光器100的输出端口为第一分支波导24的输出端口Out1和/或第二分支波导25的输出端口Out2。但并不限于此。
- [0101] 在增益芯片1将光信号传输至可调谐反射镜2的主波导21后，利用分束器23可以将主波导21传输的光信号等分为第一路光信号和第二路光信号，然后再利用第一光子晶体调制器26对第一路光信号进行调谐，利用第二光子晶体调制器27对第二路光信号进行调谐。这样在第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27的调谐作用下、以及F-P腔内光束反射和光束干涉的作用下，可以使光信号从外腔式激光器100的输出端口直接并快速的输出，从而实现外腔式激光器100的高速直调。
- [0102] 在一种可能的实现方式中，如图1所示，可调谐反射镜2还包括：第一相移器241和第二相移器251。其中，第一相移器241与第一分支波导24耦合，被配置为：调节第一分支波导24接收的第一路光信号的相位。第二相移器251与第二分支波导25耦合，被配置为：调节第二分支波导25接收的第二路光信号的相位。
- [0103] 第一相移器241和第二相移器251的结构，可以根据实际需求选择设置，以能调节对应光信号的相位为限。如此，通过独立调节第一路光信号和第二路光信号的相位，以使二者的相位保持一致，可以避免因工艺误差或设计误差等因素在第一路光信号和第二路光信号的传输中引入相位差，而导致F-P腔内出现光场不稳定的问题。从而有利于确保激光器的出光高效稳定。

- [0104] 在另一种可能的实现方式中，如图2所示，第一光子晶体调制器26设置于第一分支波导24的靠近第二分支波导25的一侧，第二光子晶体调制器27设置于第二分支波导25的靠近第一分支波导24的一侧。可调谐反射镜2还包括：设置于第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27之间的公共波导28。公共波导28被配置为：接收由第一光子晶体调制器26调谐后的第一路光信号，并将所述调谐后的第一路光信号传输至第二光子晶体调制器27的谐振腔内，以由第二光子晶体调制器27进行二次调谐后耦合至第二分支波导25；以及，接收由第二光子晶体调制器27调谐后的第二路光信号，并将所述调谐后的第二路光信号传输至第一光子晶体调制器26的谐振腔内，以由第一光子晶体调制器26进行二次调谐后耦合至第一分支波导24。
- [0105] 本公开实施例中，可调谐反射镜2的结构如图2所示。
- [0106] 基于此，第一路光信号的调谐路径图如图3所示。相应的，在此情况下，第一光子晶体调制器26的谐振腔R1如图4所示，该谐振腔R1至少包括：由第一光子晶体调制器26加上第一分支波导24（Input）和公共波导28（Drop Output）构成的具有光信号上传和下载功能的空间区域。第二光子晶体调制器27的谐振腔R2如图5所示，该谐振腔R2至少包括：由第二光子晶体调制器27加上公共波导28（Input）和第二分支波导25（Drop Output）构成的具有光信号上传和下载功能的空间区域。
- [0107] 类似的，第二路光信号的调谐路径图如图6所示。相应的，在此情况下，第二光子晶体调制器27的谐振腔R2如图7所示，谐振腔R2至少包括：由第二光子晶体调制器27加上第二分支波导25（Input）和公共波导28（Drop Output）构成的具有光信号上传和下载功能的空间区域。第一光子晶体调制器26的谐振腔R1如图8所示，该谐振腔R1至少包括：由第一光子晶体调制器26加上公共波导28（Input）和第一分支波导24（Drop Output）构成的具有光信号上传和下载功能的空间区域。
- [0108] 本公开实施例中，公共波导28位于第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27之间。通过公共波导28可以实现第一路光信号和第二路光信号的二次调谐，也即实现第一路光信号和第二路光信号在FP腔内的推挽式调谐，以在较大程

度上实现光信号的调谐，并使第一路光信号和第二路光信号的调谐具有相同的光程（位移）。例如，在等分光信号为第一路光信号和第二路光信号后，第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27可以进行两路光信号的反相调制，即在相同的输入电信号作用下，使第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27的谐振峰分别向相反方向移动。因此，当第一路光信号和第二路光信号分别经过第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27两次调谐后，第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27之间谐振峰的变化，可以抵消第一路光信号和第二路光信号调制过程中FP腔内光束反射的变化，以确保FP腔具有稳定的光反射率和稳定的光场，从而确保外腔式激光器高效稳定的出光。

[0109] 此外，请参阅图4和图5，在一些实施例中，第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27可以分别由一个光子晶体调制结构60构成，或者由多个光子晶体调制结构60级联构成。可选的，光子晶体调制结构60为SOI光子晶体结构，或SiN光子晶体结构。

[0110] 可选的，第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27分别由多个光子晶体调制结构60沿对应波导的传输方向级联构成。这样，经每一光子晶体调制结构60调谐后位于其谐振峰处的光信号能够进入相邻或相对的光子晶体调制结构60中，以在较大程度上实现光信号的调谐，有利于提升第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27对光信号的调谐效率和调谐质量。

[0111] 光子晶体调制结构60可以有多种设置方式。其中，按照光子晶体的维度划分，光子晶体调制结构60例如为：如图9所示的一维光子晶体纳米梁腔结构；或者，如图10所示的二维光子晶体平板结构。按照光子晶体的形状划分，光子晶体调制结构60例如为：如图11所示的圆柱型阵列结构、如图12所示的鱼骨式结构、或者如图13所示的孔式阵列结构。本公开实施例对此不做限定。

[0112] 此外，第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27的谐振峰与其结构相关，具体根据实际需求选择设计即可。第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27的工作波长可以根据调制带宽及消光比的需求选择设置。

[0113] 请继续参阅图1和图2，在一些实施例中，可调谐反射镜2还包括：波长调节器22。其中，波长调节器22与主波导21耦合，被配置为：调节主波导21接收的光信

号的波长。这样利用波长调节器22对主波导21接收的光信号的波长进行调节，可以使得增益芯片1传输至主波导21的光信号的波长与第一光子晶体调制器26及第二光子晶体调制器27的工作波长相匹配，从而确保增益芯片1的工作输出（例如输出功率、输出光信号的波长）不受第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27调制状态变化的影响。

[0114] 可选的，波长调节器22为相移器，波长调节器22可以通过调节主波导21接收到的光信号的相位，调节FP腔的等效长度，以使得主波导21接收的光信号的波长发生改变。

[0115] 为了更清楚的说明本公开实施例中可调谐反射镜2的结构，以下一些实施例以图2所示的结构为例进行了其层结构的示意。

[0116] 请结合图2、图14、图15、图16和图17理解，可调谐反射镜2还包括：相对设置的下包层20和上包层40。主波导21、分束器23、第一分支波导24、第一光子晶体调制器26、第二分支波导25、第二光子晶体调制器27、以及公共波导28分别设置于下包层20和上包层40之间。

[0117] 下包层20作为可调谐反射镜2的衬底或绝缘载体，可以采用硅衬底或硅基衬底等。上包层40采用透光绝缘材料形成，例如透光树脂、二氧化硅等。

[0118] 下包层20的上表面通常设置有半导体薄膜，这样通过对半导体薄膜的不同区域进行图案化、以及不同类型的掺杂等，可以利用半导体薄膜的不同部分分别形成半导体层30、主波导21、第一分支波导24、第一光子晶体调制器26、第二分支波导25、第二光子晶体调制器27、以及公共波导28等。

[0119] 例如，第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27分别通过半导体薄膜掺杂后的PN结构成。此外，第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27中的光子寿命与其谐振腔的调谐品质相关，可以直接影响外腔式激光器100的调制带宽。本公开实施例对此不做限定，根据实际需求调制即可。

[0120] 在上述实施例的基础上，请参阅图2和图17，可调谐反射镜2还包括：设置于上包层40的上表面的第一电极41、第二电极42和公共电极43。第一电极41、第二电极42和公共电极43分别通过上包层40中的过孔与半导体层30对应连接。

[0121] 第一光子晶体调制器26位于第一电极41和公共电极43之间，被配置为：在第一

电极41和公共电极43提供的电信号的作用下调谐光信号。如此，第一电极41和公共电极43分别提供不同的电压信号，便可以利用二者之间的偏压，对第一光子晶体调制器26的谐振峰进行调节。

[0122] 第二光子晶体调制器27位于第二电极42和公共电极43之间，被配置为：在第二电极42和公共电极43提供的电信号的作用下调谐光信号。如此，第二电极42和公共电极43分别提供不同的电压信号，便可以利用二者之间的偏压，对第二光子晶体调制器27的谐振峰进行调节。

[0123] 可选的，第一电极41和第二电极42接地。公共电极43连接外部电压端，以接收调制电压信号。反之，公共电极43接地，第一电极41和第二电极42分别连接外部电压端，以接收调制电压信号，也是允许的。

[0124] 可选的，第一电极41、第二电极42和公共电极43采用金属导电材料，例如铜、铝、钨等制备获得。

[0125] 在一些实施例中，请继续参阅图2，公共波导28在上包层40上的正投影形状为“U”型。如此，在确保公共波导28能够满足前述光信号传输效果的基础上，可以较为合理的设置可调谐反射镜2内各组成部分的空间位置，从而有利于减小可调谐反射镜2的平面面积，以减小外腔式激光器100的整体尺寸，进而提升外腔式激光器100的光调制速度。

[0126] 此外，请参阅图2和图18，公共波导28的U型开口，可以朝向分束器23或背离分束器23。在图18所示的示例中，光信号在公共波导28中的传输，可以参照图2示例中公共波导28所传输方向的相反方向进行。

[0127] 可选的，公共电极43位于公共波导28在上包层40上的正投影的内凹区域内。

[0128] 请参阅图2和图17，在一些实施例中，可调谐反射镜2还包括：第一加热层261和第二加热层271。第一加热层261设置于上包层40的上表面，并位于第一光子晶体调制器26在上包层40上的正投影范围内。第二加热层271设置于上包层40的上表面，并位于第二光子晶体调制器27在上包层40上的正投影范围内。

[0129] 此处，第一加热层261和第二加热层271可以为金属加热层或硅加热层。

[0130] 可选的，第一加热层261和第二加热层271为金属加热层。如此，可以与第一电极41、第二电极42和公共电极43采用相同的材料，在一次图形化工艺中制备成

型。

- [0131] 此外，第一加热层261和第二加热层271可以外接控制器，以在控制器的控制下加热。如此，第一加热层261加热后可以使得第一光子晶体调制器26的有效折射率发生变化，从而调节第一光子晶体调制器26的谐振峰。同理，第二加热层271加热后可以使得第二光子晶体调制器27的有效折射率发生变化，从而调节第二光子晶体调制器27的谐振峰。
- [0132] 在此基础上，利用第一加热层261和第二加热层271，可以针对第一光子晶体调制器26的谐振峰和第二光子晶体调制器27的谐振峰进行独立调节，以确保第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27的谐振峰相一致，从而弥补因加工误差等因素造成的谐振峰偏差问题，有利于提升可调谐反射镜2的调制效率，同时确保其光反射率，以进一步确保外腔式激光器高效且稳定的出光。
- [0133] 需要补充的是，请参阅图18，在一些实施例中，分束器23为 2×2 MMI。相应的，可调谐反射镜2还包括：与分束器23耦接的功率监测器50（Power Monitoring PD）。如此，利用功率监测器50可以对分束器23的工作状态进行实时监测，以确保分束器23能够对主波导21传输的光信号进行等分。
- [0134] 请参阅图19，在又一些实施例中，第一分支波导24、第二分支波导25以及公共波导28还可以有其他的设置方式。
- [0135] 示例的，第一分支波导24沿第一方向延伸，第二分支波导25沿第二方向延伸；其中，第一方向和第二方向分别与主波导21的传输方向相交，且以主波导21的传输方向为中心对称。可选的，第一方向和第二方向分别与主波导21的传输方向垂直。第一光子晶体调制器26沿第一方向设置于第一分支波导24的旁侧；第二光子晶体调制器27沿第二方向设置于第二分支波导25的旁侧。公共波导28设置于第一光子晶体调制器26的远离第一分支波导24的一侧，以及第二光子晶体调制器27的远离第二分支波导25的一侧。公共波导28例如为直波导。
- [0136] 本公开实施例中，公共波导28的功能及其所能实现的技术效果与前述实施例中相同，此处不做赘述。
- [0137] 在此基础上，示例的，第一电极41可以沿第一方向设置于第一分支波导24的远离第一光子晶体调制器26的一侧。第二电极42可以沿第二方向设置于第二分支

波导25的远离第二光子晶体调制器27的一侧。公共电极43可以设置于公共波导28的远离第一光子晶体调制器26以及第二光子晶体调制器27的一侧。如此，第一光子晶体调制器26位于第一电极41和公共电极43之间，能够在第一电极41和公共电极43提供的电信号的作用下调谐光信号。第二光子晶体调制器27位于第二电极42和公共电极43之间，能够在第二电极42和公共电极43提供的电信号的作用下调谐光信号。

[0138] 此外，第一电极41、第二电极42以及公共电极43的相关特征，可以参见前述一些实施例，此处不做赘述。

[0139] 外腔式激光器的结构如上一些实施例所述，本公开一些实施例还提供了一种外腔式激光器的调谐方法，如下所述。

[0140] 请参阅图1、图2、图19、图20和图21，所述调谐方法包括的步骤如下所述。

[0141] S100，主波导21接收增益芯片1传输的光信号，并将所述光信号传输至分束器23。

[0142] S200，分束器23将上述光信号等分为第一路光信号L1和第二路光信号L2，并将第一路光信号L1传输至第一分支波导24，将第二路光信号L2传输至第二分支波导25。

[0143] S300，第一光子晶体调制器26对第一分支波导24传输的第一路光信号L1进行调谐。

[0144] S400，第二光子晶体调制器27对第二分支波导25传输的第二路光信号L2进行调谐。

[0145] 本公开实施例中，增益芯片1的一高反面可以与可调谐反射镜2共同构成外腔式激光器100的F-P腔。在主波导21接收增益芯片1传输的光信号后，利用分束器23可以将主波导21传输的光信号等分为第一路光信号L1和第二路光信号L2，然后再利用第一光子晶体调制器26对第一路光信号L1进行调谐，利用第二光子晶体调制器27对第二路光信号L2进行调谐。这样在第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27的调谐作用下、以及F-P腔内光束反射和光束干涉的作用下，可以使光信号从外腔式激光器100的输出端口直接并快速的输出，从而实现外腔式激光器100的高速直调。

- [0146] 根据外腔式激光器100结构的不同，其对应的具体调谐方法也不同。
- [0147] 在一些实施例中，外腔式激光器100的结构如图1所示。请参阅图20，该外腔式激光器100的调谐方法还包括如下步骤。
- [0148] S210，在第一光子晶体调制器26对第一分支波导24传输的第一路光信号L1进行调谐之前，通过第一相移器241调节第一路光信号L1的相位，以使第一路光信号L1的相位和第二路光信号L2的相位一致。
- [0149] S220，在第二光子晶体调制器27对第二分支波导25传输的第二路光信号L2进行调谐之前，通过第二相移器251调节第二路光信号L2的相位，以使第二路光信号L2的相位和第一路光信号L1的相位一致。
- [0150] 本公开实施例通过独立调节第一路光信号L1和第二路光信号L2的相位，以使二者的相位保持一致，可以避免因工艺误差或设计误差等因素在第一路光信号L1和第二路光信号L2的传输中引入相位差，而导致F-P腔内出现光场不稳定的问题。从而有利于确保激光器的出光高效稳定。
- [0151] 在另一些实施例中，外腔式激光器100的结构如图2和图19所示。请参阅图21，该外腔式激光器100的调谐方法还包括如下步骤。
- [0152] S350，第一光子晶体调制器26将调谐后的第一路光信号L1耦合至公共波导28，由公共波导28将所述调谐后的第一路光信号L1传输至第二光子晶体调制器27的谐振腔内，并由第二光子晶体调制器27对所述调谐后的第一路光信号L1进行二次调谐，以及将二次调谐后的第一路光信号L1耦合至第二分支波导25。
- [0153] S450，第二光子晶体调制器27将调谐后的第二路光信号L2耦合至公共波导28，由公共波导28将所述调谐后的第二路光信号L2传输至第一光子晶体调制器26的谐振腔内，并由第一光子晶体调制器26对所述调谐后的第二路光信号L2进行二次调谐，以及将二次调谐后的第二路光信号L2耦合至第一分支波导24。
- [0154] 本公开实施例中，通过公共波导28可以实现第一路光信号L1和第二路光信号L2的二次调谐，也即实现第一路光信号L1和第二路光信号L2在FP腔内的推挽式调谐，以在较大程度上实现光信号的调谐，并使第一路光信号L1和第二路光信号L2的调谐具有相同的光程（位移）。例如，在等分光信号为第一路光信号L1和第二路光信号L2后，第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27可以进行两

路光信号的反相调制，即在相同的输入电信号作用下，使第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27的谐振峰分别向相反方向移动。因此，当第一路光信号L1和第二路光信号L2分别经过第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27两次调谐后，第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27之间谐振峰的变化，可以抵消第一路光信号L1和第二路光信号L2调制过程中FP腔内光束反射的变化，以确保FP腔具有稳定的光反射率和稳定的光场，从而确保外腔式激光器高效稳定的出光。

- [0155] 在一些实施例中，请继续参阅图19和图20，外腔式激光器的调谐方法还包括如下步骤。
- [0156] S001，通过第一加热层261调节第一光子晶体调制器26的谐振峰，以使第一光子晶体调制器26的谐振峰和第二光子晶体调制器27的谐振峰一致。
- [0157] S002，通过第二加热层271调节第二光子晶体调制器27的谐振峰，以使第二光子晶体调制器27的谐振峰和第一光子晶体调制器26的谐振峰一致。
- [0158] 此处，S001与S300之间，以及S002与S400之间并无顺序上的限制，也即任一在前执行、或同时执行，均是允许的。
- [0159] 本公开实施例中，利用第一加热层261和第二加热层271，可以针对第一光子晶体调制器26的谐振峰和第二光子晶体调制器27的谐振峰进行独立调节，以确保第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27的谐振峰相一致，从而弥补因加工误差等因素造成的谐振峰偏差问题，有利于提升可调谐反射镜2的调制效率，同时确保其光反射率，以进一步确保外腔式激光器高效且稳定的出光。
- [0160] 在一些实施例中，请继续参阅图19和图20，外腔式激光器的调谐方法还包括如下步骤。
- [0161] S110，在主波导21将光信号传输至分束器23之前，通过波长调节器22调节光信号的波长，以使光信号的波长与第一光子晶体调制器26的工作波长、第二光子晶体调制器27的工作波长一致。
- [0162] 波长调节器22例如为相移器。波长调节器22可以通过调节主波导21接收到的光信号的相位，调节FP腔的等效长度，以使得主波导21接收的光信号的波长发生改变。

- [0163] 本实施例利用波长调节器22对主波导21接收的光信号的波长进行调节，可以使得增益芯片1传输至主波导21的光信号的波长与第一光子晶体调制器26及第二光子晶体调制器27的工作波长相匹配，从而确保增益芯片1的工作输出（例如输出功率、输出光信号的波长）不受第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27调制状态变化的影响。
- [0164] 应该理解的是，除非本文中有明确的说明，上述外腔式激光器100的调谐方法中一些步骤的执行并没有严格的顺序限制。这些步骤可以根据外腔式激光器100待调制的信号择一执行、或以其他的顺序执行，也即这些步骤的执行顺序也不必然是依次进行。
- [0165] 本公开实施例提供的外腔式激光器100及其调谐方法如上所述。在对外腔式激光器100进行仿真模拟后，外腔式激光器100中各信号的光传输谱如图22所示。具体的，图22中的（a）图所示为：第一状态下，例如激光器的开态（0），第一路光信号L1和第二路光信号L2的透射光谱，以及FP腔内等效反射光R的反射光谱。图22中的（b）图所示为：第二状态下，例如激光器的关态（1），第一路光信号L1和第二路光信号L2的透射光谱，以及FP腔内等效反射光R的反射光谱。图22中的（c）图所示为：外腔式激光器100中FP腔的谐振峰光谱。图22中的（d）图所示为：外腔式激光器100输出光信号的光谱。
- [0166] 如此，从图22中可以看出，在外腔式激光器100响应于不同状态的情况下，FP腔可以具有稳定且统一的窄带反射光谱，以确保FP腔内的光场稳定，从而实现外腔式激光器100稳定且高效的出光。
- [0167] 第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27的谐振腔只能有一个谐振峰。在利用波长调节器22调节增益芯片1输入的光信号的波长，使得该波长与第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27的工作波长相匹配后，通过第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27对光信号的调制，可以确保与谐振峰具有相同波长的光信号在FP腔内具有远大于其他波长光信号的反射率，从而使该光信号成为外腔式激光器100的唯一输出光信号，例如图22中的（d）图所示。
- [0168] 由此，第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27具有波长选择功能，可以在不影响增益芯片1输出功率的情况下，实现第一光子晶体调制器26和第二光

子晶体调制器27对光信号的有效调制，从而精确调制外腔式激光器100的输出光信号的波长。

- [0169] 综上，在利用第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27对光信号进行推挽式调谐的过程中，外腔式激光器100的FP腔内的光束反射率可以保持稳定。因此，在使用恒定电流驱动增益芯片1后，FP腔内的光场稳定，可以确保外腔式激光器100的输出光信号不受外腔式激光器100的动态响应而影响。
- [0170] 在此基础上，外腔式激光器100单波长光信号的稳定输出，通过波长调节器22调节主波导21所传输光信号的波长，以使该波长与第一光子晶体调制器26和第二光子晶体调制器27的工作波长匹配对准，就可以实现。从而能够大大降低外腔式激光器100的波长调节范围，并简化外腔式激光器100的波长控制。
- [0171] 在本说明书的描述中，上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。
- [0172] 以上所述实施例仅表达了本公开的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对申请专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本公开构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本公开的保护范围。因此，本公开专利的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种外腔式激光器，其特征在于，包括：增益芯片、以及与所述增益芯片耦合的可调谐反射镜；其中，所述可调谐反射镜，包括：
- 主波导，与所述增益芯片耦接，被配置为接收所述增益芯片传输的光信号；
- 分束器，与所述主波导耦接，被配置为：将所述主波导传输的光信号等分为第一路光信号和第二路光信号；
- 第一分支波导，与所述分束器耦接，被配置为：接收所述第一路光信号；
- 第一光子晶体调制器，设置于所述第一分支波导的旁侧，被配置为：对所述第一分支波导传输的所述第一路光信号进行调谐；
- 第二分支波导，与所述分束器耦接，被配置为：接收所述第二路光信号；
- 以及，第二光子晶体调制器，设置于所述第二分支波导的旁侧，被配置为：对所述第二分支波导传输的所述第二路光信号进行调谐。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的外腔式激光器，其特征在于，所述可调谐反射镜还包括：公共波导；
- 所述第一光子晶体调制器设置于所述第一分支波导的靠近所述第二分支波导的一侧，所述第二光子晶体调制器设置于所述第二分支波导的靠近所述第一分支波导的一侧；
- 所述公共波导设置于所述第一光子晶体调制器和所述第二光子晶体调制器之间，被配置为：接收由所述第一光子晶体调制器调谐后的第一路光信号，并将所述调谐后的第一路光信号传输至所述第二光子晶体调制器的谐振腔内，以由所述第二光子晶体调制器进行二次调谐后耦合至所述第二分支波导；以及，接收由所述第二光子晶体调制器调谐后的第二路光信号，并将所述调谐后的第二路光信号传输至所述第一光子晶体调制器的谐振腔内，以由所述第一光子晶体调制器进行二次调谐后耦合至所述第一分支波导。

- [权利要求 3] 根据权利要求2所述的外腔式激光器，其特征在于，所述可调谐反射镜还包括：相对设置的下包层和上包层；
所述主波导、所述分束器、所述第一分支波导、所述第一光子晶体调制器、所述第二分支波导、所述第二光子晶体调制器、以及所述公共波导分别设置于所述下包层和所述上包层之间。
- [权利要求 4] 根据权利要求3所述的外腔式激光器，其特征在于，所述下包层的上表面设置有半导体层；所述可调谐反射镜还包括：第一电极、第二电极和公共电极；
所述第一电极、所述第二电极和所述公共电极分别设置于所述上包层的上表面，并通过所述上包层中的过孔与所述半导体层对应连接；
所述第一光子晶体调制器位于所述第一电极和所述公共电极之间，被配置为：在所述第一电极和所述公共电极提供的电信号的作用下调谐光信号；
所述第二光子晶体调制器位于所述第二电极和所述公共电极之间，被配置为：在所述第二电极和所述公共电极提供的电信号的作用下调谐光信号。
- [权利要求 5] 根据权利要求3或4所述的外腔式激光器，其特征在于，
所述公共波导在所述上包层上的正投影形状为“U”型。
- [权利要求 6] 根据权利要求5所述的外腔式激光器，其特征在于，在所述可调谐反射镜还包括公共电极的情况下，所述公共电极位于所述公共波导在所述上包层上的正投影的内凹区域内。
- [权利要求 7] 根据权利要求3或4所述的外腔式激光器，其特征在于，所述可调谐反射镜还包括：
第一加热层，设置于所述上包层的上表面，并位于所述第一光子晶体调制器在所述上包层上的正投影范围内；
第二加热层，设置于所述上包层的上表面，并位于所述第二光子晶体调制器在所述上包层上的正投影范围内。
- [权利要求 8] 根据权利要求1所述的外腔式激光器，其特征在于，所述可调谐反射

镜还包括：公共波导；

所述第一分支波导沿第一方向延伸，所述第二分支波导沿第二方向延伸；所述第一方向和所述第二方向分别与所述主波导的传输方向相交，且以所述主波导的传输方向为中心对称；所述第一光子晶体调制器沿所述第一方向设置于所述第一分支波导的旁侧；所述第二光子晶体调制器沿所述第二方向设置于所述第二分支波导的旁侧；

所述公共波导设置于所述第一光子晶体调制器的远离所述第一分支波导的一侧，以及所述第二光子晶体调制器的远离所述第二分支波导的一侧；所述公共波导被配置为：接收由所述第一光子晶体调制器调谐后的第一路光信号，并将所述调谐后的第一路光信号传输至所述第二光子晶体调制器的谐振腔内，以由所述第二光子晶体调制器进行二次调谐后耦合至所述第二分支波导；以及，接收由所述第二光子晶体调制器调谐后的第二路光信号，并将所述调谐后的第二路光信号传输至所述第一光子晶体调制器的谐振腔内，以由所述第一光子晶体调制器进行二次调谐后耦合至所述第一分支波导。

[权利要求 9] 根据权利要求8所述的外腔式激光器，其特征在于，所述公共波导包括直波导。

[权利要求 10] 根据权利要求1所述的外腔式激光器，其特征在于，所述可调谐反射镜还包括：
第一相移器，与所述第一分支波导耦合，被配置为：调节所述第一分支波导接收的所述第一路光信号的相位；
第二相移器，与所述第二分支波导耦合，被配置为：调节所述第二分支波导接收的所述第二路光信号的相位。

[权利要求 11] 根据权利要求1所述的外腔式激光器，其特征在于，所述可调谐反射镜还包括：
波长调节器，与所述主波导耦合，被配置为：调节所述主波导接收的所述光信号的波长。

[权利要求 12] 根据权利要求1所述的外腔式激光器，其特征在于，所述第一光子晶

体调制器和所述第二光子晶体调制器分别包括：一个光子晶体调制结构，或级联的多个光子晶体调制结构。

[权利要求 13] 根据权利要求12所述的外腔式激光器，其特征在于，所述光子晶体调制结构包括：一维光子晶体纳米梁腔结构或二维光子晶体平板结构。

[权利要求 14] 根据权利要求12所述的外腔式激光器，其特征在于，所述光子晶体调制结构包括：圆柱型阵列结构、鱼骨式结构、或孔式阵列结构。

[权利要求 15] 根据权利要求1所述的外腔式激光器，其特征在于，所述分束器包括：Y分支波导、 1×2 多模干涉耦合器、 2×2 多模干涉耦合器、或分束比为50:50的定向耦合器此处键入权利要求项5。

[权利要求 16] 一种外腔式激光器的调谐方法，其特征在于，包括：
主波导接收增益芯片传输的光信号，并将所述光信号传输至分束器；
所述分束器将所述光信号等分为第一路光信号和第二路光信号，并将所述第一路光信号传输至第一分支波导，将所述第二路光信号传输至第二分支波导；
第一光子晶体调制器对所述第一分支波导传输的第一路光信号进行调谐；
第二光子晶体调制器对所述第二分支波导传输的第二路光信号进行调谐。

[权利要求 17] 根据权利要求16所述的调谐方法，其特征在于，所述外腔式激光器的可调谐反射镜还包括：公共波导；
所述调谐方法还包括：
所述第一光子晶体调制器将调谐后的第一路光信号耦合至所述公共波导，由所述公共波导将所述调谐后的第一路光信号传输至所述第二光子晶体调制器的谐振腔内，并由所述第二光子晶体调制器对所述调谐后的第一路光信号进行二次调谐，以及将二次调谐后的第一路光信号耦合至所述第二分支波导；
所述第二光子晶体调制器将调谐后的第二路光信号耦合至所述公共波导，由所述公共波导将所述调谐后的第二路光信号传输至所述第一光

子晶体调制器的谐振腔内，并由所述第一光子晶体调制器对所述调谐后的第二路光信号进行二次调谐，以及将二次调谐后的第二路光信号耦合至所述第一分支波导。

[权利要求 18] 根据权利要求16或17所述的调谐方法，其特征在于，所述外腔式激光器的可调谐反射镜还包括：第一加热层和第二加热层；

所述调谐方法还包括：

通过所述第一加热层调节所述第一光子晶体调制器的谐振峰，以使所述第一光子晶体调制器的谐振峰和所述第二光子晶体调制器的谐振峰一致；

通过所述第二加热层调节所述第二光子晶体调制器的谐振峰，以使所述第二光子晶体调制器的谐振峰和所述第一光子晶体调制器的谐振峰一致。

[权利要求 19] 根据权利要求18所述的调谐方法，其特征在于，所述外腔式激光器的可调谐反射镜还包括：波长调节器；

所述调谐方法还包括：

在所述主波导将所述光信号传输至所述分束器之前，通过所述波长调节器调节所述光信号的波长，以使所述光信号的波长与所述第一光子晶体调制器的工作波长、所述第二光子晶体调制器的工作波长一致。

[权利要求 20] 根据权利要求16所述的调谐方法，其特征在于，所述外腔式激光器的可调谐反射镜还包括：第一相移器和第二相移器；

所述调谐方法还包括：

在第一光子晶体调制器对所述第一分支波导传输的第一路光信号进行调谐之前，通过所述第一相移器调节所述第一路光信号的相位，以使所述第一路光信号的相位和所述第二路光信号的相位一致；

在第二光子晶体调制器对所述第二分支波导传输的第二路光信号进行调谐之前，通过所述第二相移器调节所述第二路光信号的相位，以使所述第二路光信号的相位和所述第一路光信号的相位一致。