



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101257189 B

(45) 授权公告日 2010.12.15

(21) 申请号 200810034032.8

(22) 申请日 2008.02.28

(73) 专利权人 复旦大学

地址 200433 上海市邯郸路 220 号

(72) 发明人 吴翔 徐雷 刘丽英 李皓

(74) 专利代理机构 上海正旦专利代理有限公司

31200

代理人 陆飞 盛志范

the Evanescent-Wave-Coupled Gain. 《PHYSICAL REVIEW LETTERS》.2000,

M.Sumetsky et al.Optical microfiber loop resonator. 《APPLIED PHYSICS LETTERS》.2005,

江楠等. 消逝波激励及增益耦合的柱形微腔回音廊模激光辐射. 《中国激光》.2007, 920-923 页.

审查员 任晓东

(51) Int. Cl.

H01S 5/10(2006.01)

H01S 5/00(2006.01)

H01S 3/08(2006.01)

H01S 3/082(2006.01)

H01S 3/083(2006.01)

H01S 3/14(2006.01)

H01L 27/15(2006.01)

(56) 对比文件

WO 2005008296 A2, 2005.01.27,

CN 101045548 A, 2007.10.03,

Hee-Jong Moon et

al.CylindricalMicrocavity Laser Based on

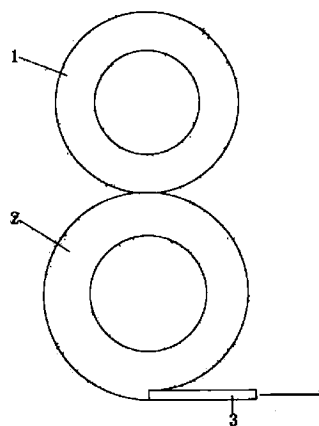
权利要求书 1 页 说明书 2 页 附图 2 页

(54) 发明名称

波长可调谐的螺旋环形耦合微腔激光器

(57) 摘要

本发明属于集成光学器件技术领域,具体为一种波长可调谐的螺旋环形耦合微腔激光器。该激光器由环形微腔、螺旋环形微腔和一根输出波导依次连接组成。该激光器具有单方向性输出、品质因子高以及输出波长可调谐的优点,特别适用于制备多功能、高性能的集成光学传感芯片的光源,这种微腔激光器的波长适用范围可从深紫外到远红外。



1. 一种波长可调谐的螺旋环形耦合微腔激光器,其特征在于由如下部分依次连接组成:环形微腔(1),螺旋环形微腔(2)以及一根输出波导(3);其中环形微腔(1)和螺旋环形微腔(2)相切或相交。

2. 根据权利要求1所述的波长可调谐的螺旋环形耦合微腔激光器,其特征在于微腔激光器的材料是半导体或有机、无机激光增益介质材料。

3. 根据权利要求1所述的波长可调谐的螺旋环形耦合微腔激光器,其特征在于螺旋环形微腔(2)的外圈成一凹口;输出波导(3)的宽度和螺旋环形微腔(2)缺口的宽度相等,输出波导(3)为直波导或弯曲波导。

4. 根据权利要求1所述的波长可调谐的螺旋环形耦合微腔激光器,其特征在于所述环形微腔(1)和螺旋环形微腔(2)的尺寸分别在50微米到200微米之间。

## 波长可调谐的螺旋环形耦合微腔激光器

### 技术领域

[0001] 本发明属集成光学器件技术领域,具体涉及一种波长可调谐的螺旋环形耦合微腔激光器。

### 背景技术

[0002] 近10-20年来,基于回音壁模式(Whispering-Gallery Modes,以下简称WGM)的光学微腔作为一种新型的集成光学器件,受到研究者的广泛重视。光学微腔就是指光学微谐振腔,即几何尺度可以与光波长比拟并且具有高品质因子的谐振腔。WGM光学微腔利用了光在微腔边界上的全反射形成限制作用,不仅能将光场很好地约束在微米量级,还可以从空间电磁场的连续模式中产生少数几个离散的光学模式。WGM微腔的优点是腔内光子寿命长,损耗低,品质因子(Q)高。因此,WGM光学微腔器件被认为在基础物理、非线性光学、光通信、光学传感等众多领域具有非常广泛的应用前景。但是因为普通的WGM光学微腔的形状为圆形,激光只能沿着圆的切线方向向外出射,因而出射激光的方向性很差。而且只有很少的能量可以耦合出来。近年来,为了得到方向性出射的激光,人们对于变形的微腔进行了进一步的研究。通过改变微腔的形状,使光在曲率比较高的区域出射,形成方向性的激光出射。这类激光谐振腔的典型代表就是三角形微腔,方形微腔,六角形微腔,椭圆微腔,以及体育场型微腔。

[0003] 上述的各种变形微腔虽然能够得到方向性的出射,作为光通信器件或者集成光学器件而言还不够好,因为它们的出射激光的方向很多而且不容易和其它的光学器件进行对接。2003年,耶鲁大学Grace Chern报导了一种螺旋型的微腔,这种微腔完全打破了对称性,并且具有单方向出射,非常适合与其它光学元件耦合,例如光波导,光栅,其余放大或者调制的器件。然而,目前的螺旋型微腔由于腔的侧壁轮廓完全不对称性,因此,虽然激光输出具有单方向性出射,但输出的波长比较复杂且难以控制,并不适用于对输出波长以及模式间距具有特殊要求的情况,比如,高精度的光学传感检测领域。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提出一种波长可调谐的螺旋环形耦合微腔激光器。

[0005] 本发明提出的波长可调谐的螺旋环形耦合微腔激光器,由如下部分依次连接组成:环形微腔1,螺旋环形微腔2以及输出波导3,如图1所示。本发明中,螺旋环形耦合微腔激光器的材料可以为半导体或其他有机、无机激光增益介质材料。

[0006] 本发明中环形微腔1和螺旋环形微腔2相切或相交。两者的尺寸分别在50微米到200微米之间。螺旋环形微腔2的外圈轮廓由以下数学表达式所示: $r(\phi) = r_0(1 + \epsilon \cdot \phi / 2\pi)$ ,式中 $r_0$ 是初始半径, $\epsilon$ 是偏离度, $\phi$ 是角度,也就是外圈轮廓呈螺旋线型分布。内圈是一个圆形孔,大小可以根据需要进行控制。

[0007] 本发明中,输出波导3的宽度和螺环形微腔外圈上的缺口的宽度相等,以便于相互连接。输出波导3将产生的激光耦合输出,并使激光增益放大。当激光器在电或光泵浦

下达到激光条件后,光分别在环形微腔 1 和螺旋环形微腔 2 内沿外圈轮廓通过全反射进行传播并形成回音壁模式激光。各腔内的一部分能量的激光通过两腔之间相切或相交部分散射而耦合到另一个腔中,因此,两个腔内的谐振模式发生相干干涉,从而使得腔内的波长发生调制。因为激光的谐振模式取决于激光谐振腔的长度,所以,可以通过控制环形微腔 1 或螺旋环形微腔 2 的大小来达到调制谐振波长的目的,而一部分受到调制的激光通过波导 3 放大输出。

[0008] 该激光器不仅保持了螺旋型微腔的单方向性输出,品质因子高等特点,而且,还具有输出波长可调谐的优点,特别适合用于制备多功能、高性能的集成光学传感芯片的光源,这种微腔激光器的波长适用范围可从深紫外到远红外。

### 附图说明

[0009] 图 1 是螺旋环形耦合微腔激光器示意图。

[0010] 图 2 是有机无机复合螺旋环形耦合微腔激光器的显微镜形貌图。

[0011] 图 3 是单个有机无机复合螺旋环形激光器的光谱图。

[0012] 图 4 是有机无机复合螺旋环形耦合微腔激光器的光谱图。

[0013] 图中标号:1. 环形微腔,2. 螺旋环形微腔,3. 输出波导。

### 具体实施方式

[0014] 下面通过具体实例进一步描述本发明:

[0015] 实例:用来制备微腔激光器的有机无机复合材料是由甲基丙烯酸丙脂基三甲氧基硅烷 (MAPTMS)、甲基丙烯酸 (MAA) 和丙氧基锆烷 ( $Zr(OC_3H_7)_4$ ) 三种材料经水解聚合而成。复合材料的无机网格是由 MAPTMS 的无机部分和  $Zr(OC_3H_7)_4$  通过水解聚合形成的二氧化硅和二氧化锆网格组成, $Zr(OC_3H_7)_4$  的加入可以控制材料的折射率。MAPTMS 的有机部分通过加入光引发剂在紫外光照下聚合或与 MAA 聚合,形成复合材料的有机网格部分。

[0016] 利用溶胶-凝胶法配制该有机无机复合材料溶液,并在其中掺杂一定比例的有机荧光染料若丹明 B (RhB) 作为激光的增益介质;其次,利用旋涂甩膜法和紫外光刻工艺在具有厚二氧化硅层的硅片上制备微腔激光器。

[0017] 微腔激光器采用光泵浦,泵浦光为 Nd:YAG 皮秒激光的倍频绿光(波长为 532nm),并通过一个聚焦透镜,垂直地照射在微腔上。在微腔的侧面,用一个收集透镜收集出射激光,通过光纤束将光信号送到单色仪进行光谱分析。并且,可以通过旋转样品台来测量不同方向的激光出射强度和光谱。

[0018] 图 2 表示的是有机无机复合螺旋环形耦合微腔激光器的显微镜形貌图。

[0019] 图 3 所示的是单个有机无机复合螺旋环形微腔激光器的光谱图。该激光器的初始半径  $r_0 = 50$  微米,从图上可知,单个螺旋环形微腔激光器的输出波长很复杂,很难对其中某一个特定波长进行检测。

[0020] 图 4 表示的是在同一个泵浦条件下,螺旋环形耦合微腔激光器的光谱图。其中环形微腔的半径为 50 微米,螺旋环形微腔的初始半径  $r_0 = 50$  微米。从图上可知,螺旋环形微腔的输出波长受到了环形微腔的调制,输出模式简单且有较宽的模式间距,可以较容易的对某一特定波长进行监测,非常适用于光学传感系统中。

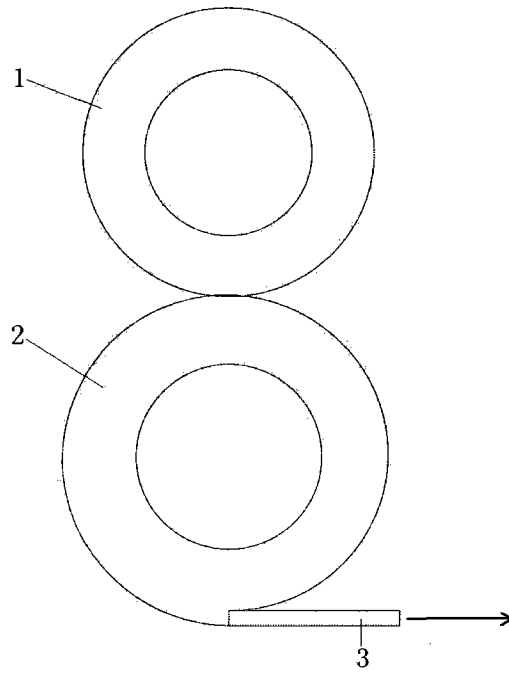


图 1

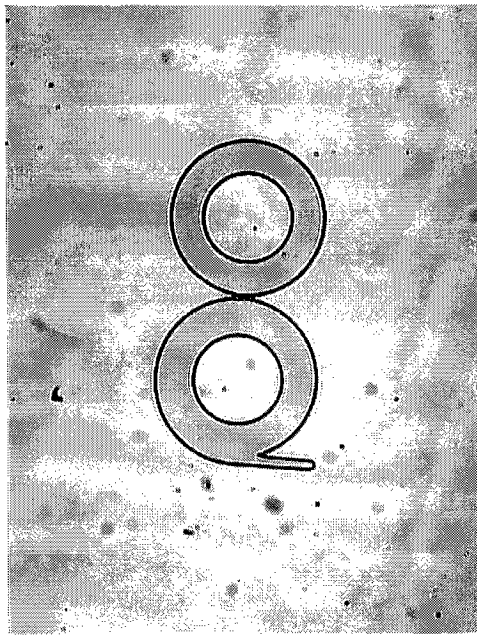


图 2

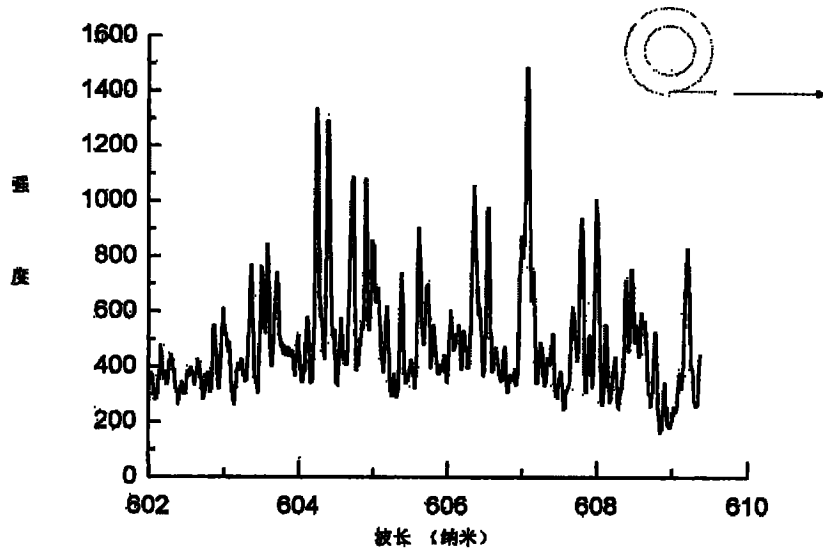


图 3

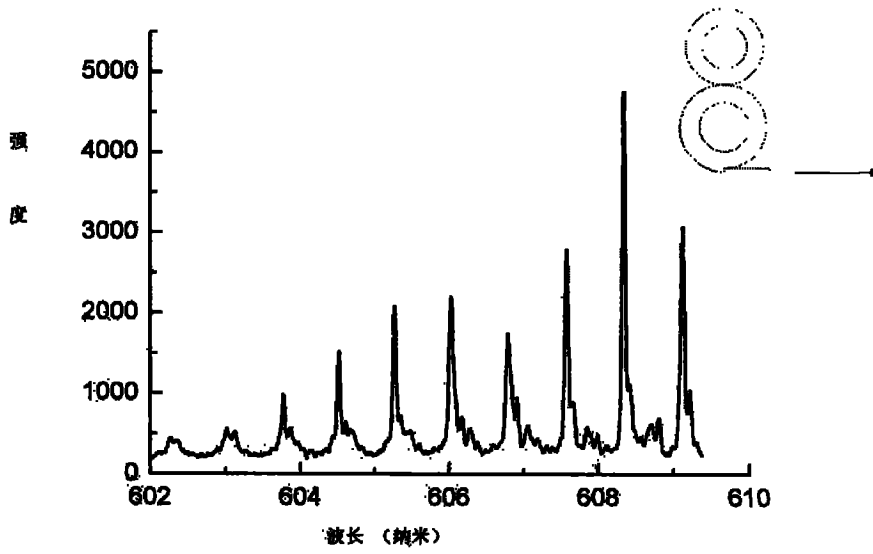


图 4