

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 8 月 6 日 (06.08.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/155248 A1

(51) 国际专利分类号:
H01S 3/067 (2006.01) **H01S 3/08** (2006.01)

孙志豪(SUN, Zhihao); 中国广东省深圳市南山区
南海大道3688号, Guangdong 518000 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/076147

(22) 国际申请日: 2019 年 2 月 26 日 (26.02.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910099008.0 2019年1月31日 (31.01.2019) CN
201920182139.0 2019年1月31日 (31.01.2019) CN
201910099013.1 2019年1月31日 (31.01.2019) CN
201920180647.5 2019年1月31日 (31.01.2019) CN

(71) 申请人: 深圳大学(SHENZHEN UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道
3688号, Guangdong 518000 (CN)。

(72) 发明人: 文侨(WEN, Qiao); 中国广东省深圳市南
山区南海大道3688号, Guangdong 518000 (CN)。

(74) 代理人: 深圳中一联合知识产权代理有限公司(SHENZHEN ZHONGYI UNION INTELLECTUAL
PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国广东省深
圳市福田区园岭街道深南中路1014号报春大厦
9楼 (5号信箱), Guangdong 518028 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,
CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS,
JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: NARROW-LINEWIDTH SINGLE-FREQUENCY LIGHT SOURCE

(54) 发明名称: 一种窄线宽单频光源

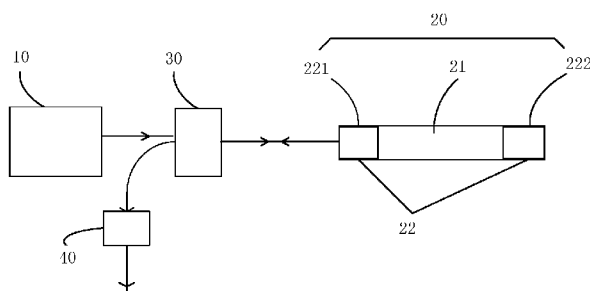


图 4

(57) Abstract: The present application provides a narrow-linewidth single-frequency light source, comprising a pumping unit; a resonant cavity, the resonant cavity comprising a gain optical fiber used for obtaining excitation light by means of excitation of pumping light; and a filtering unit used for filtering laser light in the resonant cavity to obtain narrow-band laser light, the bandwidth of the filtering unit being smaller than the longitudinal mode interval of the resonant cavity so as to obtain narrow-linewidth single-frequency laser light, and the filtering unit being directly inscribed on the gain optical fiber. The filtering unit is directly inscribed on the gain optical fiber, so that the length of a single-mode optical fiber attached to a filter grating can be saved, the clamping length of a clamp is also saved, the cavity length is shortened, the longitudinal mode interval is further increased, a single longitudinal mode is facilitated to be obtained, and the light source is simple in structure and good in laser light output stability; moreover, the effective gain cavity length is increased, and therefore, even when the total cavity length is shortened, the gain cavity length can still be increased, and the power of a laser can be increased, thereby solving the problem that line width and power cannot be taken into consideration simultaneously.



(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本申请提供了一种窄线宽单频光源, 包括泵浦单元, 谐振腔, 谐振腔包括: 增益光纤, 用于经过泵浦光的激发获得激发光; 滤波单元, 用于对谐振腔内的激光进行滤波以获得窄带激光, 滤波单元的带宽小于谐振腔的纵模间隔, 以获得窄线宽单频激光; 滤波单元直接刻写于增益光纤上。直接在增益光纤上刻写滤波单元, 进而可以节省滤波光栅附带的单模光纤长度, 也节省了夹具夹持长度, 大大缩短了腔长, 进而增大纵模间隔, 利于获得单纵模, 该光源结构简单, 激光输出稳定性好; 并且增加了有效增益腔长, 因此即使在总腔长缩短的情况下仍然能够增加增益腔长, 提高激光器的功率, 进而解决了线宽与功率不得兼顾的问题。

一种窄线宽单频光源

[0001] 本申请要求于2019年1月31日提交中国专利局，申请号为201910099008.0，发明名称为“一种窄线宽单频光源”、于2019年1月31日提交中国专利局，申请号为201920182139.0，发明名称为“一种窄线宽单频光源”、于2019年1月31日提交中国专利局，申请号为201910099013.1，发明名称为“窄线宽单频激光光源”、于2019年1月31日提交中国专利局，申请号为201920180647.5，发明名称为“窄线宽单频激光光源”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

[0002] 本申请属于光学技术领域，特别涉及一种窄线宽单频光源。

背景技术

[0003] 随着激光技术的发展，其在精密干涉测量、激光传感技术和光通信技术领域得到了飞速的发展。精密干涉测量主要以激光波长作为“尺子”，利用干涉原理来测定各种参量，如加速度、位移、角位移等等。由于光波长为nm数量级，因此其分辨精度是电学、磁学元件无法比拟的。激光干涉仪以其特有的大测量范围、高分辨率和高测量精度等优点，在精密和超精密测长领域获得了广泛的应用。而精密干涉测量的距离和干涉质量与激光的线宽紧密相关。实际设计中为了进一步增加测量精度，要求激光线宽要小于1kHz。

[0004] 在激光传感技术中由于深海油气开发和国防发展的需要，水声探测装备越来越得到了世界各国的重视。由光纤激光水听器阵列构成的声呐脉冲测距系统，已进入工程试验阶段，光纤激光水听器是水声探测装备的核心设备，其最小可分辨纵向应变量由光纤激光器的线宽决定，激光器线宽越窄，水听器的声压分辨率就越高，就更能满足对微弱信号的探测。

[0005] 而对于光通信，随着互联网的普及，如何提高系统传输速率成为了光通信领域的重要研究目标。在高速速率的光通信系统中，为了满足误码的要求，调制格式下，激光线宽需要进一步缩窄。

[0006] 从以上的分析可知，高单色性、高相干性的激光光源需求广泛。光纤单频激光

器具有转换效率高、光束质量好、结构紧凑、鲁棒性好等优点，具有广泛的需求牵引，一直是激光研究领域的热点之一。目前实现单频激光器的主要方法之一，是在激光谐振腔中插入窄带滤波器，当窄带滤波器的带宽小于激光器纵模间距时，可滤除多纵模，实现单纵模运转，从而获得高相干性的激光光源，参考图1所示。激光器纵模间隔等于 $c/2nl$ ，其中 c 为光速， n 为介质折射率， l 为谐振腔长度。由此可见，纵模间隔与激光谐振腔长度成反比，谐振腔腔长越长，纵模间距越小，则要求窄带滤波器的线宽越窄，滤波器制作难度则急剧增大。于是，人们想方设法减小激光器的谐振腔长，来达到减低滤波器制作的难度。激光增益介质是激光谐振腔的重要组成部分之一，增益介质长度肯定小于激光谐振腔长度。掺杂光纤和激光晶体是两种常用的激光增益介质，光纤激光器中掺杂光纤单位长度的增益远小于固态激光器的激光晶体。为了获得相同的增益和输出功率，光纤激光器将使用较长的掺杂光纤，其谐振腔长度将明显大于固态激光器。另外一方面，在光纤激光器中，由于作为增益的掺杂光纤需要和光纤耦合器、波分复用器、作为滤波器的光纤布拉格光栅（Fiber Bragg Grating, FBG）等器件连接，这些器件连接时常采用光纤熔接机进行熔融焊接，光纤熔接过程中，熔接夹具也需要一定光纤夹持长度；因此熔接后，各器件之间也会存在几个厘米以上的光纤长度，从而导致整个光纤激光器腔长的增加；此时，如果通过减短掺杂增益光纤的长度的方式来压缩腔长，将导致激光输出功率下降。总之，在光纤单频激光器中，人们急需解决的单频光纤激光器的关键问题之一是：在不减小作为增益介质掺杂光纤的前提下，如何缩短激光器谐振腔长度，从而减小窄带滤波器制作难度；或者在一定光纤激光器谐振腔长度的前提下，如何尽量增加增益介质掺杂光纤的长度，增大光纤激光器功率。

[0007] 如需获得较好的单频输出，对于短腔单频激光器来说需要在单模光纤上刻印光栅后与增益光纤熔接，在这一过程中，由于光栅的反射带宽的最小值有一定的瓶颈，那么要获得单频输出必然要使得纵模间隔够大。而纵模间隔 $=c/2nl$ ， c 为光速， n 为介质折射率，这两个量无法改变，只有谐振腔腔长 l 可以缩短，在现有光栅条件下，一般腔长较短（例如小于3厘米）才能获得单频。但是，在光栅和增益光栅熔接过程中，光栅需附有一定长度的单模光纤，另外，在熔接过程中

，熔接夹具也需要一定光纤夹持长度，这使得熔接后的腔长远远大于3厘米，这就使得获得单频谐振腔成难以实现。现有的已经实现单频谐振腔的方案是手工切除多余单模光纤，并且磨平光栅和增益光纤端面贴合在一起，外加套管固定获得，结构和操作十分复杂，成功率低。

发明概述

技术问题

[0008] 本申请的目的在于提供一种窄线宽单频光源，旨在缩短单频激光器谐振腔长度的同时，提高激光增益介质长度在腔长中的占比，解决缩短腔长与提高功率不能兼顾的技术问题。

问题的解决方案

技术解决方案

[0009] 本申请是这样实现的，一种窄线宽单频光源，包括

[0010] 泵浦单元，用于输出泵浦光；

[0011] 谐振腔，用于吸收泵浦光并获得窄线宽单频激光；

[0012] 所述谐振腔包括：

[0013] 增益光纤，用于经过所述泵浦光的激发获得激发光；

[0014] 滤波单元，用于对所述谐振腔内的激光进行滤波以获得窄带激光，所述滤波单元的带宽小于所述谐振腔的纵模间隔，以获得窄线宽单频激光；

[0015] 所述滤波单元直接刻写于所述增益光纤上。

发明的有益效果

有益效果

[0016] 本申请提供的窄线宽单频光源具有如下效果：直接在增益光纤上刻写滤波单元，进而可以节省滤波光栅附带的单模光纤长度，也节省了夹具夹持长度，大大缩短了腔长，进而增大纵模间隔，利于获得单纵模，该光源结构简单，激光输出稳定性好；并且，直接在增益光纤上刻写滤波单元，增加了有效增益腔长，因此即使在总腔长缩短的情况下仍然能够增加增益腔长，提高激光器的功率，进而解决了线宽与功率不得兼顾的问题。

对附图的简要说明

附图说明

- [0017] 图1是本申请实施例提供的窄线宽单频光源的单纵模运转原理图；
- [0018] 图2是本申请实施例提供的窄线宽单频光源的一种工作原理图；
- [0019] 图3是本申请实施例提供的窄线宽单频光源的另一种工作原理图；
- [0020] 图4是本申请第一实施例提供的窄线宽单频光源的结构示意图；
- [0021] 图5是本申请第二实施例提供的窄线宽单频光源的结构示意图；
- [0022] 图6是本申请第三实施例提供的窄线宽单频光源的结构示意图；
- [0023] 图7是本申请第四实施例提供的窄线宽单频光源的结构示意图；
- [0024] 图8是本申请第五实施例提供的窄线宽单频光源的结构示意图；
- [0025] 图9是本申请第六种实施例提供的窄线宽单频光源的结构图；
- [0026] 图10是本申请第七种实施例提供的窄线宽单频光源的结构图；
- [0027] 图11是本申请第八种实施例提供的窄线宽单频光源的结构图；
- [0028] 图12是本申请第九种、第十种实施例提供的窄线宽单频光源的结构图；
- [0029] 图13是本申请第十一种实施例提供的窄线宽单频光源的结构图；
- [0030] 图14是本申请第十二种实施例提供的窄线宽单频光源的结构图；
- [0031] 图15是本申请第十三种实施例提供的窄线宽单频光源的结构图。

发明实施例

本发明的实施方式

- [0032] 为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本申请进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。为了说明本申请所述的技术方案，以下结合具体附图及实施例进行详细说明。
- [0033] 请参阅图1至图4以及图12，本申请实施例提供一种窄线宽单频光源，该窄线宽通常指线宽低于1.5KHz，窄线宽单频光源包括泵浦单元10，用于输出泵浦光；谐振腔20，用于吸收泵浦光并获得窄线宽单频激光；该谐振腔20包括：增益光纤21，用于经过泵浦光的激发获得激发光；还包括滤波单元22，用于对谐振腔20内的激光进行滤波以获得窄带激光，滤波单元22的带宽小于谐振腔20的纵模间

隔，以获得窄线宽单频激光；该滤波单元22直接刻写于增益光纤21上。本实施例中，所述的“滤波”均为频率滤波，所述的“反射”均为对光强的反射。该谐振腔20有两种结构，其一是直腔结构，其二是环腔结构。

[0034] 对于直腔结构，该滤波单元22包括第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222。第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222用于对谐振腔20内的激光进行滤波和对光强反射。具体可以是能够进行反射光强和滤波双重功能的同一个滤波光栅结构，也可以是分别用于反射光强和滤波的两个独立模块的组合。第一滤波反射单元221具有光栅结构，用于对谐振腔20内的激发光进行滤波和反射；第二滤波反射单元222具有光栅结构，用于对谐振腔20内的激发光进行滤波和反射；第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222直接刻写于增益光纤21的两端；第一滤波反射单元221的滤波范围在第二滤波反射单元222的滤波范围之内，或者二者的滤波范围部分重叠，激光经过第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222的滤波后获得窄带激光，窄带激光的带宽小于谐振腔20的纵模间隔，以获得窄线宽单频激光。

[0035] 具体地，谐振腔20设置在泵浦单元10的输出光路上，用于吸收泵浦光，通过泵浦光激发谐振腔20内的增益光纤21获得激光。第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222构成激光谐振腔20的腔体，即至少可以构成两端腔镜，同时还具有滤波功能，参见图2，第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222分别具有滤波带宽 L_4 和 L_5 ，滤波带宽 L_4 在 L_5 的范围内，经过第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222滤波后获得的窄带激光的带宽 L_3 由 L_4 决定。腔内窄带激光的滤波带宽 L_4 小于纵模间隔时，可以获得单纵模。通过选择合适的第一滤波反射单元221，同时控制谐振腔20的腔长，可以获得单纵模输出，即获得窄线宽单频激光，通过第一滤波反射单元221或第二滤波反射单元222输出谐振腔20。

[0036] 再如图3，第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222分别具有滤波带宽 L_6 和 L_7 ，滤波带宽 L_6 和 L_7 部分交叠，滤波后获得的窄带激光的带宽 L_3 由 L_6 和 L_7 的交叠带宽决定。经过第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222滤波后获得窄带激光。通过选择合适的第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222，同时控制谐振腔20的腔长，也可以获得单纵模输出，即获得窄线宽单频激光。

[0037] 以图2所示的窄带滤波反射单元和宽带滤波反射单元为例，该直腔的窄线宽单频光源的工作原理如下：参考图1，在腔内激光传播过程中，腔长同纵模间隔成反比，随着谐振腔长变短，腔内纵模间隔加大，当相邻纵模间隔 L_1 大于第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222的反射光谱带宽 L_2 （滤波带宽）时，激光器就可获得单频运转，如图2，本实施例中谐振腔20中的激光带宽 L_3 由第一滤波反射单元221的滤波带宽 L_4 决定，因此要使得纵模间隔大于 L_4 方可获得单纵模运转。同时，纵模间隔与腔长成反比，对于确定增益光谱带宽和第一滤波反射单元221的滤波带宽的情况下，腔长越小，纵模间隔越大，越容易实现单模运转。

[0038] 本实施例通过在增益光纤21上直接刻写第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222而将腔长控制在较小的范围内（例如，3cm以下），使得纵模间隔超过第一滤波反射单元221的滤波带宽 L_4 ，进而获得单纵模。而传统的窄线宽单频光源，通常需要在一段单模光纤上刻印反射滤波光栅后与增益光纤熔接，在现有光栅条件下，一般腔长需要较短（例如3厘米左右）才能获得单频。但是，在反射滤波光栅和增益光纤熔接过程中，光栅需附有一定长度的单模光纤，熔接夹具也需要一定的光纤夹持长度，这使得熔接后的腔长远大于3厘米，并且有效的增益腔长很短，功率受到影响。而直接在增益光纤21两端刻写第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222，可以缩短腔长，则可以解决上述问题。

[0039] 参考图12，作为环形腔结构，谐振腔包括增益光纤21、滤波单元22和第二耦合单元23，第二耦合单元23直接刻写于增益光纤21上，至少用于将泵浦光输入谐振腔20，并且透射谐振腔20内的激光以使激光在谐振腔20内传输；滤波单元22是一种窄带滤波单元22，用于对谐振腔20内的激光进行滤波以获得窄带激光，该滤波单元22的带宽小于谐振腔20的纵模间隔，以获得窄线宽单频激光。第二耦合单元23、增益光纤21和滤波单元22形成闭合环形的谐振腔。具体地，第二耦合单元23除作为泵浦光的输入单元之外，还以透射的形式使激光在腔内循环，还可以进一步地作为激光输出端（后续详述）；增益光纤21上直接刻写了滤波单元22，滤波单元22以透射的形式使激光在腔内循环，并且在透射的过程中对激光进行窄带滤波，其滤波带宽可以根据需要确定，并通过相应的加工工艺

实现窄带滤波，滤波后的激光为窄带激光，该滤波带宽小于纵模间隔；同时，滤波带宽无法做到无限小，而增益光纤21的长度直接影响谐振腔20的长度，通过减小腔长可使纵模间隔增大，有利于满足窄带滤波带宽小于纵模间隔的条件，形成腔内单纵模谐振。

[0040] 该环形腔的窄线宽单频光源的工作原理为：参考图1，在腔内激光传播过程中，腔长同纵模间隔成反比，随着谐振腔20的腔长变短，腔内纵模间隔加大，当相邻纵模间隔 L_1 大于滤波单元23的滤波带宽 L_2 时，激光器就可获得单频运转。如图2，本实施例中，由增益光纤产生的激光的带宽为 L_5 ，经过滤波后，谐振腔20中的激光带宽由滤波单元23的滤波带宽 L_4 决定，因此要使得纵模间隔大于 L_4 方可获得单纵模运转。同时，纵模间隔与腔长成反比，对于确定增益光谱带宽和滤波单元22的滤波带宽的情况下，腔长越小，纵模间隔越大，越容易实现单模运转。本实施例通过在增益光纤21上直接刻写滤波单元22，可以将腔长控制在较小的范围内（3cm以下），使得纵模间隔超过滤波单元22的滤波带宽 L_4 ，进而获得单纵模。

[0041] 传统的窄线宽单频激光光源，通常需要在一段单模光纤上刻印反射滤波光栅后与增益光纤熔接，在现有光栅滤波器带宽的条件下，一般腔长需要达到3厘米左右才能获得单频。但是，在反射滤波光栅和增益光纤熔接过程中，光栅需附有一定长度的单模光纤，熔接夹具也需要一定的光纤夹持长度，这使得熔接后的腔长远大于3厘米，并且有效的增益腔长很短，功率受到影响。而直接在增益光纤21上刻写滤波单元22，可以缩短腔长，则可以解决上述问题。

[0042] 进而，本申请实施例提供的直腔或者环腔的窄线宽单频光源具有如下效果：直接在增益光纤21上刻写滤波单元22，可以节省滤波光栅附带的单模光纤长度，也节省了夹具夹持长度，大大缩短了腔长，进而增大纵模间隔，利于获得单纵模，该光源结构简单紧凑，外界影响小，具有较强抗干扰性，激光输出稳定性好；并且，直接在增益光纤21上刻写滤波单元22，滤波单元22除了具有滤波功能，还可以实现增益，增加了有效增益腔长，因此即使在总腔长缩短的情况下仍然能够增加增益腔长，提高激光器的功率，进而解决了线宽与功率不得兼顾的问题。

[0043] 以下提供几种直腔的窄线宽单频光源的具体实施例：

[0044] 实施例一：

[0045] 参考图4，在本实施例中，第一滤波反射单元221为窄带滤波反射单元221，第二滤波反射单元222为宽带滤波反射单元222。窄线宽单频光源包括上述的基本结构，如泵浦单元10，谐振腔20，该谐振腔20包括上述的窄带滤波反射单元221、宽带滤波反射单元222以及增益光纤21；窄带滤波反射单元221和宽带滤波反射单元222直接刻写于增益光纤21的两端；窄带滤波反射单元221的滤波范围在宽带滤波反射单元222的滤波范围之内，激光经过窄带滤波反射单元221和宽带滤波反射单元222的滤波后获得窄带激光，窄带激光的带宽小于谐振腔20的纵模间隔，以获得窄线宽单频激光。

[0046] 在该实施例一中，窄带滤波反射单元221为部分反射窄带滤波单元，用于对谐振腔20内的激光进行窄带滤波和对光强部分反射，该滤波带宽小于纵模间隔，部分反射窄带滤波单元还作为泵浦光的输入端和激光输出端，用于输入泵浦光，并输出窄线宽单频激光；宽带滤波反射单元222为全反射宽带滤波单元，作为激光的全反射端，用于对谐振腔20内的激光进行宽带滤波和对光强全反射，该宽带滤波的带宽大于纵模间隔，且可以远大于纵模间隔。

[0047] 进一步参考图4，部分反射窄带滤波单元为能够对腔内激光进行窄带滤波和部分反射的一体结构，具体是一个部分反射滤波光栅。全反射宽带滤波单元为能够对激光进行宽带滤波和全反射的一体结构，具体是一个全反射滤波光栅，或者全反射宽带滤波单元是一全反射镜。

[0048] 进一步地，在谐振腔20的部分反射窄带滤波单元和泵浦单元10之间还设有第一耦合单元30，用于将泵浦光经过部分反射窄带滤波单元耦合进入谐振腔20，并将部分反射窄带滤波单元输出的窄线宽单频激光输出。

[0049] 进一步地，在第一耦合单元30的窄线宽单频激光输出路径上还设有隔离单元40，用于防止激光反向传输，保护光源。在另一实施例中，还可以在泵浦单元10和第一耦合单元30之间设置一隔离单元，避免反向光损坏泵浦单元10。

[0050] 在本实施例中，增益光纤21的总长度可以控制为5~6cm，宽带滤波反射单元222的长度为1~1.5cm，窄带滤波反射单元221的长度为1~1.5cm，窄带滤波反射单

元221和宽带滤波反射单元222之间的腔长为2~3cm,进一步地,该窄带滤波反射单元221和宽带滤波反射单元222之间的腔长可以缩小到2.5cm左右,如2.2~2.8cm。该窄带滤波反射单元221和宽带滤波反射单元222之间的腔长即为有效增益腔长,没有其他非增益部分,使激光功率相对传统的熔接型光源得以提高。

[0051] 实施例二:

[0052] 参考图5,本实施例与上述实施例一具有相同的主体结构,第一滤波反射单元21为窄带滤波反射单元221,第二滤波反射单元222为宽带滤波反射单元222。窄线宽单频光源包括泵浦单元10,谐振腔20,该谐振腔20包括窄带滤波反射单元221、宽带滤波反射单元222以及增益光纤21;窄带滤波反射单元221和宽带滤波反射单元222直接刻写于增益光纤21的两端;窄带滤波反射单元221的滤波范围在宽带滤波反射单元222的滤波范围之内,激光经过窄带滤波反射单元221和宽带滤波反射单元222的滤波后获得窄带激光,窄带激光的带宽小于谐振腔20的纵模间隔,以获得窄线宽单频激光。

[0053] 进一步地,窄带滤波反射单元221为部分反射窄带滤波单元,用于对谐振腔20内的激光进行窄带滤波和对光强部分反射,还用于输入泵浦光,并输出窄线宽单频激光;宽带滤波反射单元222为全反射宽带滤波单元,用于对谐振腔20内的激光进行宽带滤波和对光强全反射。

[0054] 与实施例一不同的是,该实施例二中的部分反射窄带滤波单元不是一体的反射滤波光栅,而是组合结构,具体包括第一部分反射镜2211以及设置于第一部分反射镜2211的反射方向的第一窄带滤波模块2212;第一部分反射镜2211形成于增益光纤21的端部,第一窄带滤波模块2212直接刻写于增益光纤21上。当然,也可以在增益光纤21的端部设置准直透镜,在准直透镜的另一端设置一反射镜。

[0055] 同样地,全反射宽带滤波单元包括第一全反射镜2221,以及设置于第一全反射镜2221的反射方向的第一宽带滤波模块2222;第一全反射镜2221形成于增益光纤21的端部,第一宽带滤波模块2222直接刻写于增益光纤21上。

[0056] 上述第一窄带滤波模块2212的滤波范围在第一宽带滤波模块2222的滤波范围内,第一窄带滤波模块2212的滤波范围小于纵模间隔,第一宽带滤波模块2222的

滤波范围大于或远远大于纵模间隔。

[0057] 同样地，该窄线宽单频光源也可以包括如实施例一中的第一耦合单元30和隔离单元40。

[0058] 实施例三：

[0059] 参考图6，本实施例与上述实施例一具有相同的主体结构，第一滤波反射单元21为窄带滤波反射单元221，第二滤波反射单元222为宽带滤波反射单元222。此处不再赘述。进一步地，窄带滤波反射单元221也为部分反射窄带滤波单元，用于对谐振腔20内的激光进行窄带滤波和对光强部分反射，还用于输入泵浦光，并输出窄线宽单频激光；宽带滤波反射单元222为全反射宽带滤波单元，用于对谐振腔20内的激光进行宽带滤波和对光强全反射。

[0060] 与实施例一不同的是，部分反射窄带滤波单元为能够对腔内激光进行窄带滤波和部分反射的一体结构的部分反射滤波光栅。全反射宽带滤波单元包括第一全反射镜2221，以及设置于第一全反射镜2221的反射方向的第一宽带滤波模块2222；第一全反射镜2221形成于增益光纤21的端部，第一宽带滤波模块2222直接刻写于增益光纤21上。进一步地，该实施例三也可以包括上述实施例一中所述的第一耦合单元30和隔离单元40。

[0061] 实施例四：

[0062] 参考图7，本实施例与上述实施例一具有相同的主体结构，第一滤波反射单元21为窄带滤波反射单元221，第二滤波反射单元222为宽带滤波反射单元222。此处不再赘述。进一步地，窄带滤波反射单元221也为部分反射窄带滤波单元，用于对谐振腔20内的激光进行窄带滤波和对光强部分反射，还用于输入泵浦光，并输出窄线宽单频激光；宽带滤波反射单元222为全反射宽带滤波单元，用于对谐振腔20内的激光进行宽带滤波和对光强全反射。

[0063] 与实施例一不同的是，部分反射窄带滤波单元包括第一部分反射镜2211以及设置于第一部分反射镜2211的反射方向的第一窄带滤波模块2212；第一部分反射镜2211形成于增益光纤21的端部，第一窄带滤波模块2212直接刻写于增益光纤21上。全反射宽带滤波单元为能够对激光进行宽带滤波和全反射的一体结构的全反射滤波光栅，或者为一全反射镜。进一步地，该实施例四也可以包括上述实

施例一中所述的第一耦合单元30和隔离单元40。

[0064] 实施例五：

[0065] 参考图8，本实施例与上述实施例一具有相同的主体结构，第一滤波反射单元21为窄带滤波反射单元221，第二滤波反射单元222为宽带滤波反射单元222。该光源包括泵浦单元10，谐振腔20，该谐振腔20包括窄带滤波反射单元221、宽带滤波反射单元222以及增益光纤21；窄带滤波反射单元221和宽带滤波反射单元222直接刻写于增益光纤21的两端；窄带滤波反射单元221的滤波范围在宽带滤波反射单元222的滤波范围之内，激光经过窄带滤波反射单元221和宽带滤波反射单元222的滤波后获得窄带激光，窄带激光的带宽小于谐振腔20的纵模间隔，以获得窄线宽单频激光。

[0066] 与实施例一不同的是，窄带滤波反射单元221为全反射窄带滤波单元，用于对谐振腔20内的激光进行窄带滤波和对光强全反射；宽带滤波反射单元222为部分反射宽带滤波单元，同时作为腔镜、泵浦光的输入端和激光输出端，用于对谐振腔20内的激光进行宽带滤波和对光强部分反射，以及输入泵浦光并输出窄线宽单频激光。具体地，该实施例中的全反射窄带滤波单元为能够对激光进行窄带滤波和全反射的一体结构的全反滤波光栅。部分反射宽带滤波单元为能够对激光进行宽带滤波和部分反射的一体结构的部分反射滤波光栅，或者为一部分反射镜。

[0067] 进一步地，还可以在宽带滤波反射单元222（部分反射宽带滤波单元）和泵浦单元10之间设置第一耦合单元30，用于将泵浦光耦合进入谐振腔20。同时将宽带滤波反射单元222输出的窄线宽单频激光输出。进一步地，还可以在第二耦合单元30的窄线宽单频激光输出路径上还设有隔离单元40，用于防止激光反向传输，保护光源。

[0068] 在本实施例中，增益光纤21、窄带滤波反射单元221和宽带滤波反射单元222的长度仍和实施例一相同，不再赘述。

[0069] 实施例六：

[0070] 参考图9，本实施例与上述实施例五具有相同的主体结构，第一滤波反射单元21为窄带滤波反射单元221，第二滤波反射单元222为宽带滤波反射单元222。该

光源包括泵浦单元10，谐振腔20，该谐振腔20包括窄带滤波反射单元221、宽带滤波反射单元222以及增益光纤21；此处不再赘述。进一步地，窄带滤波反射单元221也为全反射窄带滤波单元，宽带滤波反射单元222也为部分反射宽带滤波单元。

[0071] 与实施例五不同的是，该窄带滤波反射单元221（全反射窄带滤波单元）是组合结构，包括第二全反射镜2213，以及设置于第二全反射镜2213的反射方向的第二窄带滤波模块2214；第二全反射镜2213形成于增益光纤21的端部，第二窄带滤波模块2214直接刻写于增益光纤21上。宽带滤波反射单元22（部分反射宽带滤波单元）也是组合结构，包括第二部分反射镜2223，以及设置于第二部分反射镜2223的反射方向的第二宽带滤波模块2224；第二部分反射镜2223形成于增益光纤21的端部，第二宽带滤波模块2224直接刻写于增益光纤21上。上述第二窄带滤波模块2214的滤波范围在第二宽带滤波模块2224的滤波范围内，第二窄带滤波模块2214的滤波范围小于纵模间隔，第二宽带滤波模块2224的滤波范围大于或远远大于纵模间隔。

[0072] 同样地，该窄线宽单频光源也可以包括如实施例五中所述的第一耦合单元30和隔离单元40，且具有相同或相似的腔长。

[0073] 实施例七：

[0074] 参考图10，本实施例与上述实施例五具有相同的主体结构，第一滤波反射单元221为窄带滤波反射单元221，第二滤波反射单元222为宽带滤波反射单元222。该光源包括泵浦单元10，谐振腔20，该谐振腔20包括窄带滤波反射单元221、宽带滤波反射单元222以及增益光纤21；此处不再赘述。进一步地，窄带滤波反射单元221也为全反射窄带滤波单元，宽带滤波反射单元222为部分反射宽带滤波单元。与实施例五不同的是，窄带滤波反射单元221为能够对激光进行窄带滤波和全反射的一体结构的全反滤波光栅。宽带滤波反射单元222是组合结构，包括第二部分反射镜2223，以及设置于第二部分反射镜2223的反射方向的第二宽带滤波模块2224，或者为一部分反射镜。第二部分反射镜2223形成于增益光纤21的端部，第二宽带滤波模块2224直接刻写于增益光纤21上。进一步地，该窄线宽单频光源也可以包括如实施例五中所述的第一耦合单元30和隔离单元40。

[0075] 实施例八：

[0076] 参考图11，本实施例与上述实施例五具有相同的主体结构，第一滤波反射单元221为窄带滤波反射单元221，第二滤波反射单元222为宽带滤波反射单元222。该光源包括泵浦单元10，谐振腔20，该谐振腔20包括窄带滤波反射单元221、宽带滤波反射单元222以及增益光纤21；此处不再赘述。进一步地，窄带滤波反射单元221也为全反射窄带滤波单元，宽带滤波反射单元222也为部分反射宽带滤波单元。与实施例五不同的是，该窄带滤波反射单元221（全反射窄带滤波单元）是组合结构，包括第二全反射镜2213，以及设置于第二全反射镜2213的反射方向的第二窄带滤波模块2214；第二全反射镜2213形成于增益光纤21的端部，第二窄带滤波模块2214直接刻写于增益光纤21上。该宽带滤波反射单元222（部分反射宽带滤波单元）为能够对激光进行宽带滤波和部分反射的一体结构的部分反射滤波光栅，或者为一部分反射镜。进一步地，该窄线宽单频光源也可以包括如实施例五中所述的第一耦合单元30和隔离单元40。

[0077] 实施例九：

[0078] 参考图3，本申请实施例可以采用上述实施例一至八任一种光源结构，其区别在于，第一滤波反射单元221为不限于窄带宽的滤波反射单元，第二滤波反射单元222为不限于宽带宽的滤波反射单元。二者的带宽可以相同或相近似，也可以相差较大，但二者的带宽具有部分交叠区域，这样可以通过第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222滤波后获得窄带激光。这样的益处是可以降低对滤波反射单元的带宽要求，尤其是较难满足的极窄带宽要求。

[0079] 以上实施例将第一滤波反射单元221和第二滤波反射单元222写入增益光纤21，并应用在激光光源谐振腔20，有效压缩了腔长，获得了单纵模输出，同时提高激光功率，在激光光源领域具有重要的意义，提供了一种结构简单且线宽和功率兼得的窄线宽单频激光获取方案。

[0080] 以下提供几种环腔的窄线宽单频光源的具体实施例：

[0081] 实施例十：

[0082] 参考图12，本实施例提供的窄线宽单频激光光源至少包括泵浦单元10和环形的谐振腔20，该谐振腔20至少包括第二耦合单元23、增益光纤21和滤波单元22，

增益光纤21包括位于第二耦合单元23的第一端和滤波单元22的第一端之间的第一光纤段211，和位于第二耦合单元23的第二端和滤波单元22的第二端之间的第二光纤段212；第一光纤段211和第二光纤段212以及第二耦合单元23及滤波单元22构成闭合环形谐振腔20。滤波单元22直接刻写于增益光纤21上。其中，第二耦合单元23设置于泵浦光的输出路径上，至少用于将泵浦光以透射的形式输入谐振腔20，并且对谐振腔20内的激光进行透射以使激光在谐振腔20内传输；该增益光纤21用于经过泵浦光的激发产生激发光并为激发光提供传输介质；滤波单元22用于对谐振腔20内的激光进行滤波以获得窄带激光，该滤波单元22的带宽小于谐振腔20的纵模间隔，以获得窄线宽单频激光。

[0083] 上述第一光纤段211和第二光纤段212的长度可以相等，也可以不相等。

[0084] 进一步地，本实施例中的第二耦合单元23直接刻写于增益光纤21上。这样可以进一步简化光源结构，压缩腔长，提升光源的稳定性和抗干扰性。

[0085] 在本实施例中，激光输出通过第二耦合单元23实现，即，该第二耦合单元23同时作为激光输出单元，因此，本实施例中的第二耦合单元23实施三方面功能，其一，将泵浦光输入至谐振腔20；其二，使腔内激光在腔内循环；其三，将单频激光输出。

[0086] 进一步地，可以在第二耦合单元23和泵浦单元10之间设置隔离单元40，用于防止泵浦光反向传输。进一步地，还可以在谐振腔20（具体是耦合单元21）输出窄线宽单频激光的路径上设有隔离单元40，用于防止单频激光反向传输，保护激光光源。进一步地，还可以在谐振腔20中的增益光纤上设有隔离单元40，实现单频激光的单向运转。

[0087] 实施例十一：

[0088] 参考图12，该实施例十一与实施例十相同的是，具有上述基本结构，如泵浦单元10和环形的谐振腔20，该谐振腔20至少包括第二耦合单元23、增益光纤21和滤波单元22；增益光纤21包括位于第二耦合单元23的第一端和滤波单元22的第一端之间的第一光纤段211，和位于第二耦合单元23的第二端和滤波单元22的第二端之间的第二光纤段212；第一光纤段211和第二光纤段212以及第二耦合单元23及滤波单元22构成闭合环形谐振腔20。滤波单元22直接刻写于增益光纤21上

。

[0089] 进一步地，该实施例十一与实施例十不同的是，第二耦合单元23为独立器件，增益光纤21的一端与第二耦合单元23的一端对应连接，增益光纤21的另一端与第二耦合单元23的另一端对应连接，以形成环形的谐振腔20。

[0090] 在这种第二耦合单元23的实施结构中，第二耦合单元23也可以同时作为输出单元。同样地，第二耦合单元23实施三方面功能，其一，将泵浦光输入至谐振腔20；其二，使腔内激光在腔内循环；其三，将单频激光输出。

[0091] 进一步地，在第二耦合单元23和泵浦单元10之间设置隔离单元40，用于防止泵浦光反向传输。进一步地，还在第二耦合单元23输出窄线宽单频激光的路径上设有隔离单元40，用于防止单频激光反向传输，保护激光光源。进一步地，还可以在谐振腔20中设有隔离单元40，实现单频激光的单向运转。

[0092] 实施例十二：

[0093] 参考图13和图14，该实施例具有与上述实施例十相同的基本结构，不再赘述。与实施例十不同的是，激光输出不通过第二耦合单元23实现，而是在第一光纤段211设有第一输出单元241；或者在第二光纤段212设有第二输出单元242。进一步地，同实施例一相同地，也可以设置在第二耦合单元23和泵浦单元10之间设置隔离单元40，用于防止泵浦光反向传输。

[0094] 进一步地，还可以在谐振腔20输出窄线宽单频激光的路径上设有隔离单元40，用于防止单频激光反向传输，保护激光光源。具体是在第一输出单元241或者第二输出单元242的输出路径上设置隔离单元40。

[0095] 本发明实施例将滤波单元22刻写入增益光纤22，或者进一步将第二耦合单元23刻写入增益光纤21，并将该一体式的增益光纤21应用在激光光源谐振腔20，有效压缩了腔长，获得了单纵模输出，同时提高激光功率，在激光光源领域具有重要的意义，提供了一种结构简单且线宽和功率兼得的窄线宽单频激光获取方案。

[0096] 实施例十三：

[0097] 该实施例十三与实施例十相同的是，具有上述基本结构，不再赘述。进一步地参考图15，本实施例中的滤波单元22可以包括两个滤波模块，即第一滤波模块2

21和第二滤波模块222，该第一滤波模块221和第二滤波模块222的滤波范围部分重叠，可以实现窄带滤波，获得窄带激光。具体参考图3，第一滤波模块221和第二滤波模块222彼此间隔地刻写于增益光纤21上，第一滤波模块221和第二滤波模块222分别具有滤波带宽L6和L7，滤波带宽L6和L7部分交叠，滤波后获得的窄带激光的带宽L3由L6和L7的交叠带宽决定。经过第一滤波模块和第二滤波模块滤波后获得窄带激光。

[0098] 以上所述仅为本申请的较佳实施例而已，并不用以限制本申请，凡在本申请的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种窄线宽单频光源，其特征在于，包括
- 泵浦单元，用于输出泵浦光；
- 谐振腔，用于吸收泵浦光并获得窄线宽单频激光；
- 所述谐振腔包括：
- 增益光纤，用于经过所述泵浦光的激发获得激发光；
- 滤波单元，用于对所述谐振腔内的激光进行滤波以获得窄带激光，所述滤波单元的带宽小于所述谐振腔的纵模间隔，以获得窄线宽单频激光；
- 所述滤波单元直接刻写于所述增益光纤上。
- [权利要求 2] 如权利要求1所述的窄线宽单频光源，其特征在于，所述谐振腔为直腔结构，所述滤波单元包括：
- 第一滤波反射单元，用于对所述谐振腔内的激发光进行窄带滤波和反射；
- 第二滤波反射单元，用于对所述谐振腔内的激发光进行宽带滤波和反射；
- 所述第一滤波反射单元和第二滤波反射单元直接刻写于所述增益光纤的两端；
- 所述激发光经过所述第一滤波反射单元和第二滤波反射单元的滤波后获得窄带激光，所述窄带激光的带宽小于所述谐振腔的纵模间隔。
- [权利要求 3] 如权利要求2所述的窄线宽单频光源，其特征在于，所述第一滤波反射单元为窄带滤波反射单元，所述第二滤波反射单元为宽带滤波反射单元，所述窄带滤波反射单元的滤波范围在所述宽带滤波反射单元的滤波范围之内。
- [权利要求 4] 如权利要求3所述的窄线宽单频光源，其特征在于，
- 所述窄带滤波反射单元为部分反射窄带滤波单元，用于对所述谐振腔内的激光进行窄带滤波和对光强部分反射，以及输入所述泵浦光并输出所述窄线宽单频激光；所述宽带滤波反射单元为全反射宽带滤波单

元，用于对所述谐振腔内的激光进行宽带滤波和对光强全反射。

[权利要求 5] 如权利要求4所述的窄线宽单频光源，其特征在于，所述部分反射窄带滤波单元为能够对所述激光进行窄带滤波和部分反射的一体结构；所述全反射宽带滤波单元为能够对所述激光进行宽带滤波和全反射的一体结构，或者为全反射镜。

[权利要求 6] 如权利要求4所述的窄线宽单频光源，其特征在于，所述部分反射窄带滤波单元包括第一部分反射镜，以及设置于所述第一部分反射镜的反射方向的第一窄带滤波模块；所述第一部分反射镜形成于所述增益光纤的端部，所述第一窄带滤波模块直接刻写于所述增益光纤上；所述全反射宽带滤波单元包括第一全反射镜，以及设置于所述第一全反射镜的反射方向的第一宽带滤波模块；所述第一全反射镜形成于所述增益光纤的端部，所述第一宽带滤波模块直接刻写于所述增益光纤上。

[权利要求 7] 如权利要求3所述的窄线宽单频光源，其特征在于，所述窄带滤波反射单元为全反射窄带滤波单元，用于对所述谐振腔内的激光进行窄带滤波和对光强全反射；所述宽带滤波反射单元为部分反射宽带滤波单元，用于对所述谐振腔内的激光进行宽带滤波和对光强部分反射，以及输入所述泵浦光并输出所述窄线宽单频激光。

[权利要求 8] 如权利要求7所述的窄线宽单频光源，其特征在于，所述全反射窄带滤波单元为能够对所述激光进行窄带滤波和全反射的一体结构；所述部分反射宽带滤波单元为能够对所述激光进行宽带滤波和部分反射的一体结构，或者为部分反射镜。

[权利要求 9] 如权利要求7所述的窄线宽单频光源，其特征在于，所述全反射窄带滤波单元包括第二全反射镜，以及设置于所述第二全反射镜的反射方向的第二窄带滤波模块；所述第二全反射镜形成于所述增益光纤的端部，所述第二窄带滤波模块直接刻写于所述增益光纤上；所述部分反射宽带滤波单元包括第二部分反射镜，以及设置于所述第二部分反射镜的反射方向的第二宽带滤波模块；所述第二部分反射镜

形成于所述增益光纤的端部，所述第二宽带滤波模块直接刻写于所述增益光纤上。

- [权利要求 10] 如权利要求2所述的窄线宽单频光源，其特征在于，所述第一滤波反射单元和第二滤波反射单元的滤波范围部分重合，该重合部分的带宽小于所述谐振腔的纵模间隔，形成窄线宽单频激光。
- [权利要求 11] 如权利要求1所述的窄线宽单频光源，其特征在于，在所述谐振腔和泵浦单元之间还设有第一耦合单元，用于将所述泵浦光耦合进入所述谐振腔，并将所述窄线宽单频激光输出。
- [权利要求 12] 如权利要求11所述的窄线宽单频光源，其特征在于，在所述第一耦合单元的窄线宽单频激光输出路径上设有隔离单元，或者在第一耦合单元和泵浦单元之间设置隔离单元。
- [权利要求 13] 如权利要求1所述的窄线宽单频光源，其特征在于，所述谐振腔为环形腔结构，所述谐振腔还包括：
第二耦合单元，所述第二耦合单元直接刻写于所述增益光纤上，至少用于将所述泵浦光输入所述谐振腔，并且透射所述谐振腔内的激光以使所述激光在谐振腔内传输；
所述第二耦合单元、增益光纤和滤波单元形成闭合环形的谐振腔。
- [权利要求 14] 如权利要求13所述的窄线宽单频光源，其特征在于，所述第二耦合单元为独立器件，所述增益光纤的两端与所述第二耦合单元的两端一一对应连接以形成环形的谐振腔。
- [权利要求 15] 如权利要求13所述的窄线宽单频光源，其特征在于，所述增益光纤上设有隔离单元；和/或
在所述第二耦合单元和所述泵浦单元之间设有隔离单元；和/或
在所述谐振腔输出所述窄线宽单频激光的路径上设有隔离单元。
- [权利要求 16] 如权利要求13所述的窄线宽单频光源，其特征在于，所述第二耦合单元还用于输出所述窄线宽单频激光。
- [权利要求 17] 如权利要求13所述的窄线宽单频光源，其特征在于，所述增益光纤包括位于所述第二耦合单元的第一端和滤波单元的第一端之间的第一光

纤段，和位于所述第二耦合单元的第二端和滤波单元的第二端之间的第二光纤段。

[权利要求 18] 如权利要求17所述的窄线宽单频激光光源，其特征在于，在所述第一光纤段设有第一输出单元，和/或在所述第二光纤段设有第二输出单元。

[权利要求 19] 如权利要求13所述的窄线宽单频激光光源，其特征在于，所述滤波单元包括第一滤波模块和第二滤波模块，所述第一滤波模块和第二滤波模块彼此间隔地刻写于所述增益光纤上，所述第一滤波模块的滤波带宽和第二滤波模块的滤波带宽部分交叠，以获得窄线宽单频激光。

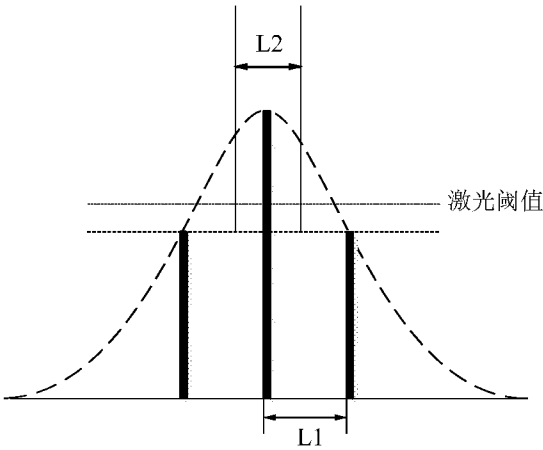


图 1

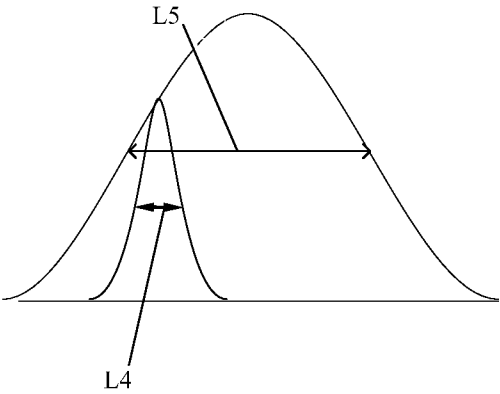


图 2

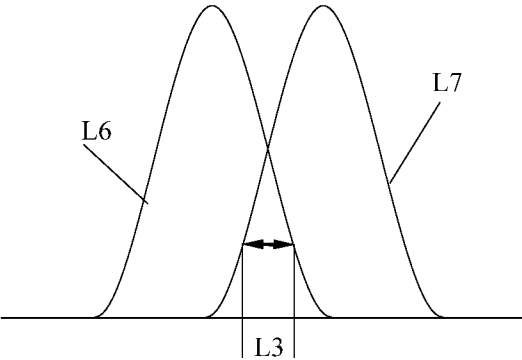


图 3

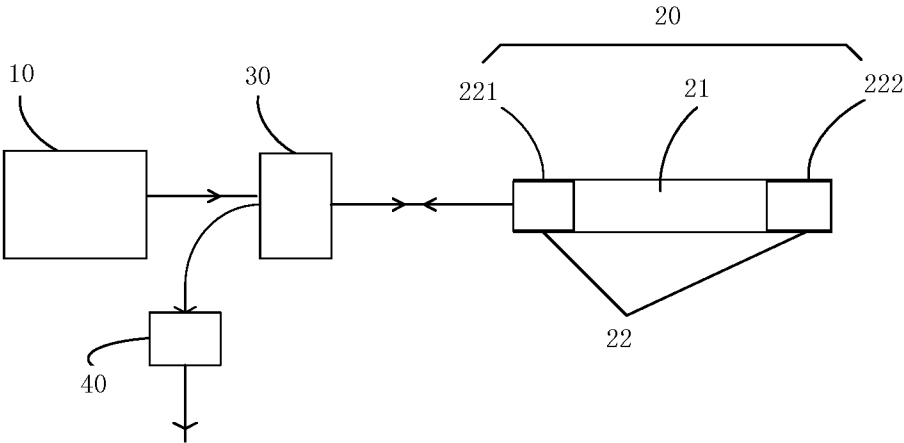


图 4

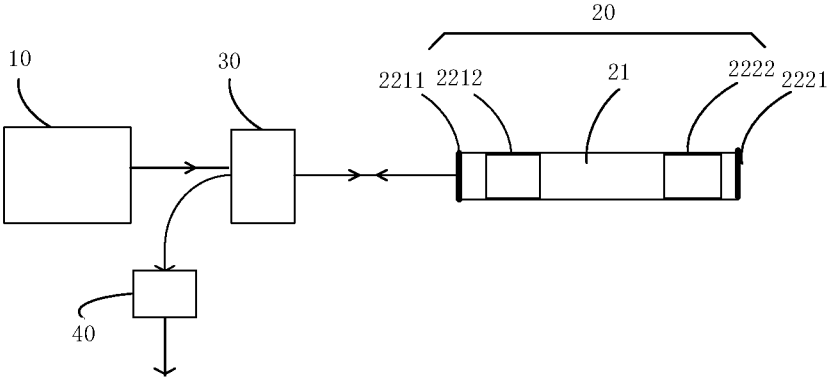


图 5

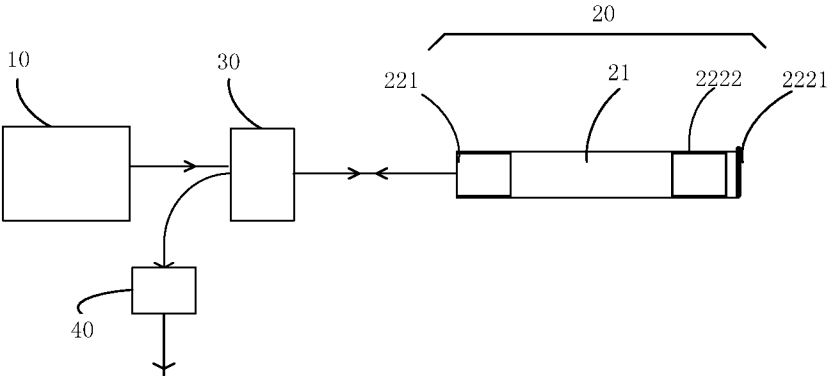


图 6

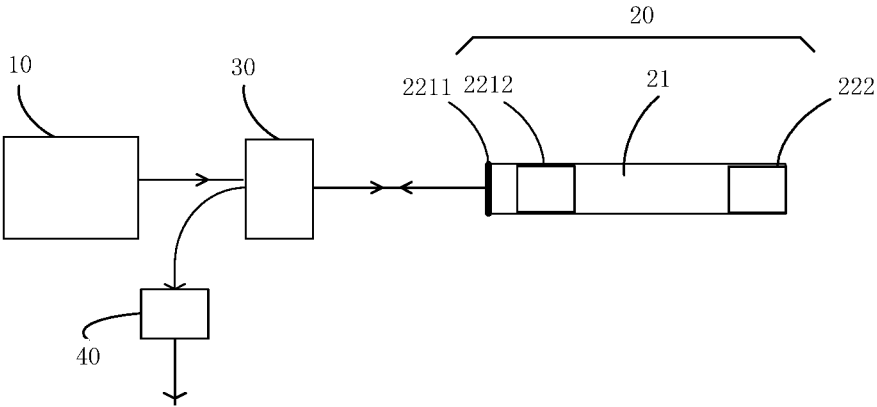


图 7

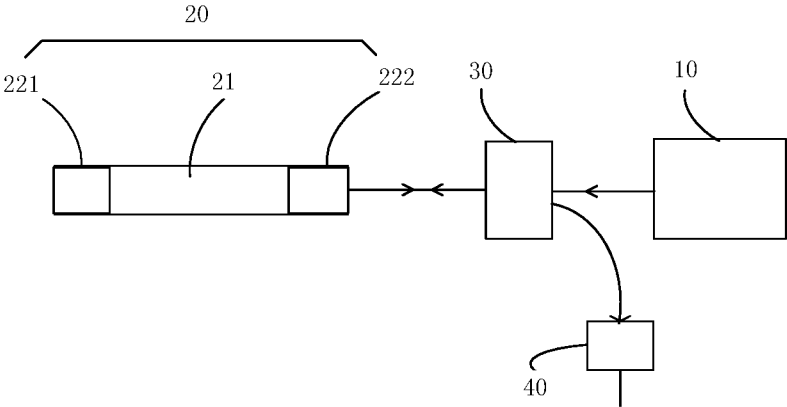


图 8

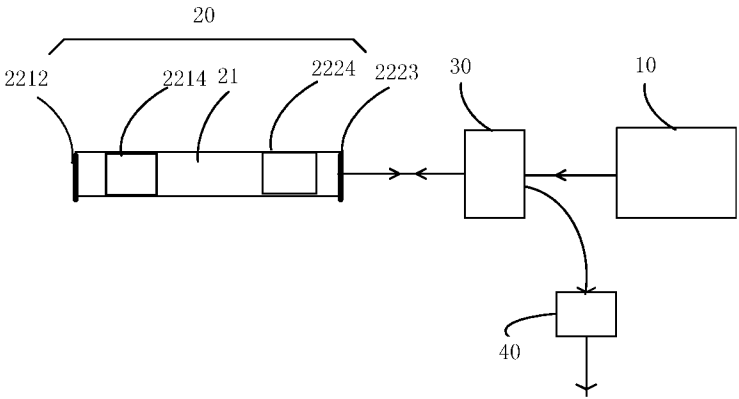


图 9

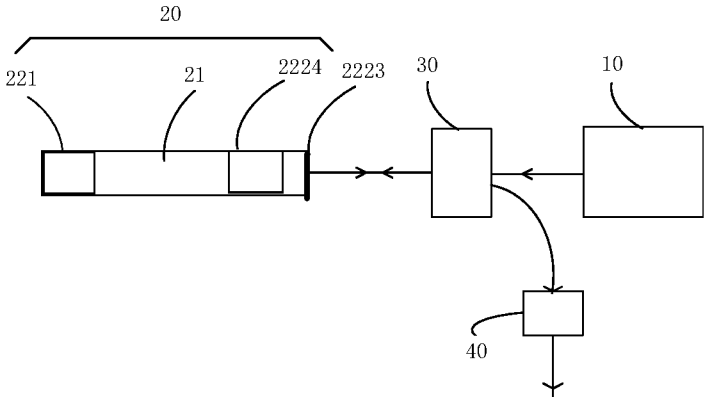


图 10

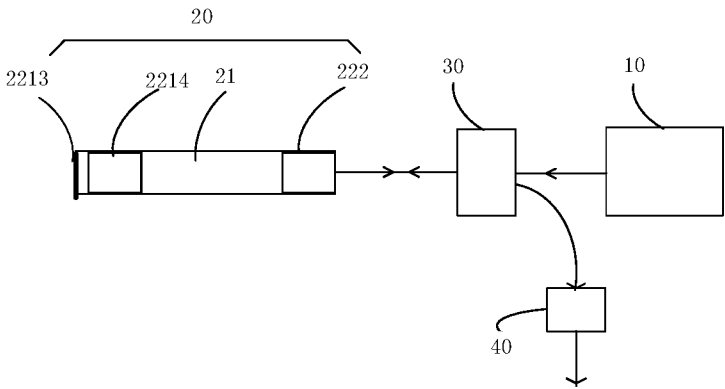


图 11

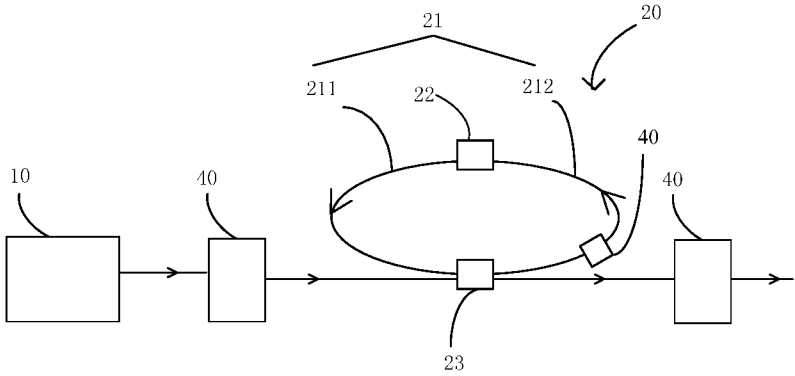


图 12

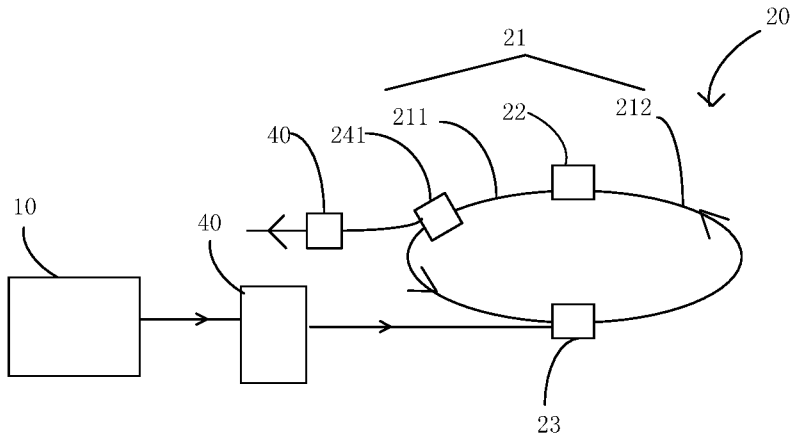


图 13

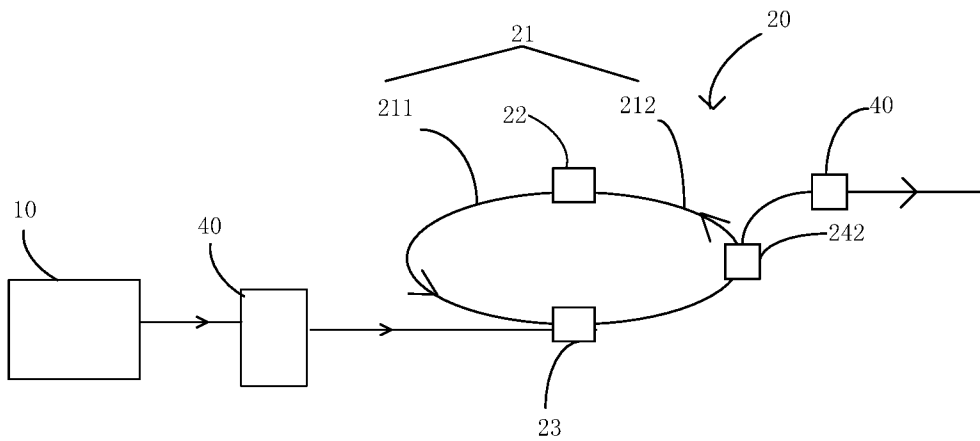


图 14

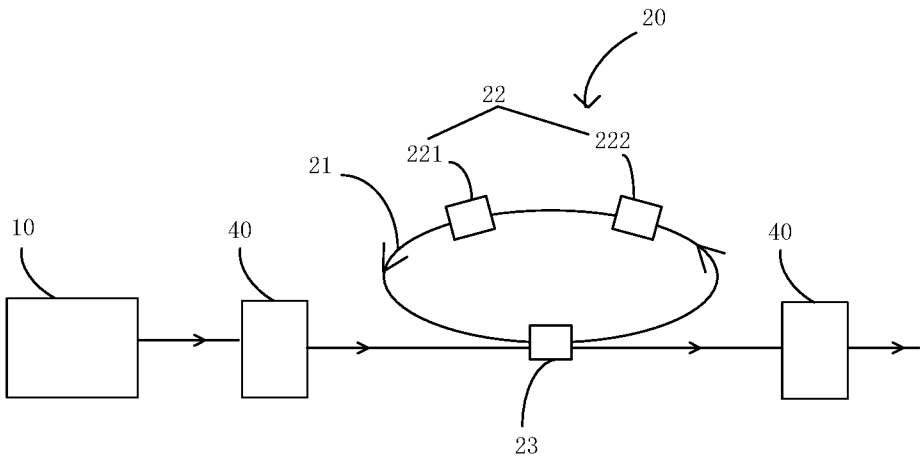


图 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/076147

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S 3/067(2006.01)i; H01S 3/08(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT: 激光, 光纤, 单频, 窄带, 窄线宽, 宽带, 光栅, 滤波, laser, fiber, single frequency, narrow, band, broad, grating

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 109149330 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 04 January 2019 (2019-01-04) description, paragraphs [0018]-[0020], and figure 1	1-12
X	杜勇 等 (DU, Yong et al.). "基于双光纤光栅法布里-珀罗滤波器的可调谐单频光纤激光器 (Tunable Single Frequency Fiber Laser Based on Two FBG-FP Filters)" 邵阳学院学报 (自然科学版) (Journal of Shaoyang University (Natural Science Edition)), Vol. 12, No. (4), 31 December 2015 (2015-12-31), ISSN: 1672-7010, pages 24-30, figure 4	13-19
A	CN 108879307 A (SHANDONG UNIVERSITY) 23 November 2018 (2018-11-23) entire document	1-19
A	US 8462426 B1 (THE UNITED STATES OF AMERICA AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE AIR FORCE) 11 June 2013 (2013-06-11) entire document	1-19



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 June 2019

Date of mailing of the international search report

17 October 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/076147

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
CN	109149330	A	04 January 2019	None		
CN	108879307	A	23 November 2018	CN	208753718	U 16 April 2019
US	8462426	B1	11 June 2013	None		

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/076147

A. 主题的分类

H01S 3/067(2006.01)i; H01S 3/08(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H01S

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS;CNTXT;CNKI;VEN;USTXT;WOTXT;EPTXT;激光, 光纤, 单频, 窄带, 窄线宽, 宽带, 光栅, 滤波, laser, fiber, single frequency, narrow, band, broad, grating

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 109149330 A (华南理工大学) 2019年 1月 4日 (2019 - 01 - 04) 说明书第[0018]-[0020]段, 附图1	1-12
X	杜勇 等. “基于双光纤光栅法布里-珀罗滤波器的可调谐单频光纤激光器” 邵阳学院学报(自然科学版), 第12卷, 第4期, 2015年 12月 31日 (2015 - 12 - 31), ISSN: 1672-7010, 第24-30页, 图4	13-19
A	CN 108879307 A (山东大学) 2018年 11月 23日 (2018 - 11 - 23) 全文	1-19
A	US 8462426 B1 (US AIR FORCE) 2013年 6月 11日 (2013 - 06 - 11) 全文	1-19

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 6月 28日

国际检索报告邮寄日期

2019年 10月 17日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

周勇

电话号码 86-(0512)-88997369

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/076147

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	109149330	A	2019年 1月 4日	无	
CN	108879307	A	2018年 11月 23日	CN 208753718	U 2019年 4月 16日
US	8462426	B1	2013年 6月 11日	无	