[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02F 1/35 (2006.01)
G02F 1/39 (2006.01)
G02B 6/26 (2006.01)

[12] 发 明 专 利 说 明 书

专利号 ZL 200610010172.2

[45] 授权公告日 2008 年 5 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 100389361C

[22] 申请日 2006.6.15

[21] 申请号 200610010172.2

[73] 专利权人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

[72] 发明人 吕志伟 董永康 李 强 王雨雷

[56] 参考文献

US6850712B1 2005.2.1

JP10－221656A 1998.8.21

JP2004－101472A 2004.4.2

布里渊光纤环形激光器及其应用. 董永康，吕志伟，吕月兰，何伟明. 激光技术，第 28 卷第 5 期. 2004

光纤组束研究的新进展. 王双义，林殿阳，王超，吕志伟. 激光技术，第 29 卷第 6 期. 2005

审查员 徐 颖

[74] 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所

代理人 王吉东

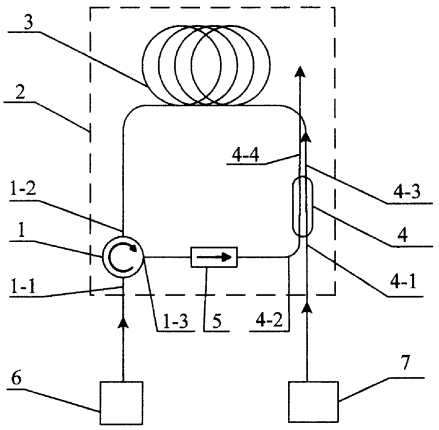
权利要求书 3 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称

# 基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置

[57] 摘要

基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置，它涉及一种光纤中的光脉冲延时装置，它解决了现有技术中为获得长的延时时间而同时增加了系统复杂程度的问题。本发明的延时装置包括由第一光纤环形器(1)、第一隔离器(5)、第一光纤耦合器(4)和第一单模光纤(3)构成的光纤环形腔(2)，第一激光源(6)产生的泵浦光和第二激光源(7)产生的探测脉冲光在光纤环形腔(2)发生受激布里渊散射，所述泵浦光的频率与所述探测脉冲光的频率相差一个第一单模光纤(3)的布里渊频移值。本发明装置利用环形结构可以获得任意时间延时，具有时间延时可控，装置简单的优点。



1、基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置，所述延时装置包括产生泵浦光的第一激光源(6)和产生探测脉冲光的第二激光源(7)，其特征在于所述延时装置还包括第一光纤环形器(1)、第一隔离器(5)、第一光纤耦合器(4)和第一单模光纤(3)，第一光纤环形器(1)、第一隔离器(5)、第一光纤耦合器(4)和第一单模光纤(3)构成光纤环形腔(2)，第一激光源(6)产生的泵浦光从第一光纤环形器(1)的第一端口(1-1)输入并通过第一光纤环形器(1)的第二端口(1-2)入射到第一单模光纤(3)的一端，第二激光源(7)产生的探测脉冲光从第一光纤耦合器(4)的第一端口(4-1)输入并通过第一光纤耦合器(4)的第三端口(4-3)入射到第一单模光纤(3)的另一端，所述探测脉冲光经布里渊放大及延时后到达第一光纤环形器(1)的第二端口(1-2)并通过第一光纤环形器(1)的第三端口(1-3)入射到第一隔离器(5)的输入端，第一隔离器(5)的输出端通过光纤连接第一光纤耦合器(4)的第二端口(4-2)，第一光纤耦合器(4)的第四端口(4-4)输出所需延时光脉冲；所述第一激光源(6)产生的泵浦光的频率与所述第二激光源(7)产生的探测脉冲光的频率相差一个第一单模光纤(3)的布里渊频移值。

2、根据权利要求1所述基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置，其特征在于所述第二激光源(7)产生的探测脉冲的脉宽为 40～100 ns。

3、根据权利要求1所述基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置，其特征在于所述第一光纤耦合器(4)的耦合比为 99:1～50:50。

4、根据权利要求1所述基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置，其特征在于所述第一单模光纤(3)的长度为 500～1000 米。

5、根据权利要求1、2、3或4所述基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置，其特征在于所述第一激光源(6)由第三光纤激光器(8)、第二光纤耦合器(9)、掺铒光纤放大器(10)和可调衰减器(11)组成，所述第二激光源(7)由第三光纤激光器(8)、第二光纤耦合器(9)、布里渊光纤环形激光器(12)、第一光纤偏振控制器(13)、电光调制器(14)、脉冲发生电路(15)和第二隔离器(16)组成，第三光纤激光器(8)输出的泵浦光通过第二光纤耦合器(9)的第一端口(9-1)入射到第二光纤耦合器(9)中，从第二光纤耦合器(9)的第二端口(9-2)获得的一部分泵浦光入射到掺铒光纤放大器(10)的输入端，掺铒光纤放大器(10)的

输出端通过光纤连接可调衰减器(11)的输入端，可调衰减器(11)的输出端通过光纤连接第一光纤环形器(1)的第一端口(1-1)，从第二光纤耦合器(9)的第三端口(9-3)获得的另一部分泵浦光入射到布里渊光纤环形激光器(12)的输入端并经布里渊光纤环形激光器(12)获得频率与入射到掺铒光纤放大器(10)输入端的泵浦光相差一个第一单模光纤(3)的布里渊频移值的光，布里渊光纤环形激光器(12)的输出端通过光纤连接第一光纤偏振控制器(13)的输入端，第一光纤偏振控制器(13)的输出端通过光纤连接电光调制器(14)的光输入端，脉冲发生电路(15)的一个输出端连接电光调制器(14)的电控端，电光调制器(14)的光输出端通过光纤连接第二隔离器(16)的输入端，第二隔离器(16)的输出端通过光纤连接第一光纤耦合器(4)的第一端口(4-1)。

6、根据权利要求5所述基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置，其特征在于所述延时装置还包括光开关(17)和脉冲延时模块(18)，脉冲发生电路(15)的另一个输出端连接脉冲延时模块(18)输入端，脉冲延时模块(18)输出端连接光开关(17)的控制端。

7、根据权利要求5所述基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置，其特征在于所述布里渊光纤环形激光器(12)是由第二光纤环形器(12-1)、第二单模光纤(12-2)、第三光纤耦合器(12-3)、第三隔离器(12-4)和第二光纤偏振控制器(12-5)构成的光纤环形腔，从第二光纤耦合器(9)的第三端口(9-3)获得的另一部分泵浦光从第二光纤环形器(12-1)的第一端口(12-1-1)输入并通过第二光纤环形器(12-1)的第二端口(12-1-2)入射到第二单模光纤(12-2)的一端，第二单模光纤(12-2)的另一端连接第三光纤耦合器(12-3)的第二端口(12-3-2)，这部分泵浦光在第二单模光纤(12-2)内产生的Stokes光返回至第二光纤环形器(12-1)的第二端口(12-1-2)并通过第二光纤环形器(12-1)的第三端口(12-1-3)输出到第二光纤偏振控制器(12-5)的输入端，第二光纤偏振控制器12-5的输出端通过光纤连接第三隔离器(12-4)的输入端，第三隔离器(12-4)的输出端通过光纤连接第三光纤耦合器(12-3)的第一端口(12-3-1)，从第三光纤耦合器(12-3)的第三端口(12-3-3)获得Stokes光输入到第一光纤偏振控制器(13)的输入端。

8、根据权利要求5所述基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置，其特征在于所述第二光纤耦合器(9)的耦合比为90:10～95:5。

9、根据权利要求 7 所述基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置，其特征在于所述第二单模光纤(12-2)与所述第一单模光纤(3)的型号相同。

10、根据权利要求 7 所述基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置，其特征在于所述第三光纤耦合器(12-3)的耦合比为 90:10～95:5。

# 基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置

## 技术领域

本发明涉及一种光纤中的光脉冲延时装置，具体是涉及基于受激布里渊散射慢光原理和利用光纤环形结构增加脉冲延时量，从而获得任意时间延时的脉冲延时装置。

## 背景技术

目前，利用光脉冲在介质中的传输的慢光原理研制的光脉冲延时器引起了人们的广泛兴趣。它潜在的应用包括量子计算机，全光通信，数据处理等领域。而在光纤中实现慢光意义尤为重要，因为它与目前的光通信系统相匹配，因此实用性更强。最近，利用受激布里渊散射实现光脉冲在光纤中的慢光传输得到了人们的广泛关注。但是单根光纤最大的延时只有 30ns 左右，一种采用多段光纤串联的技术可以使延时量增加，参阅杂志“Optics Letters”(美国)2005 年 14 期“Long optically controlled delays in optical fibers”。基于这种方法，为了得到更长的延时就必须串联更多段的光纤，系统因此就会变得非常复杂。

## 发明内容

为了解决现有技术中为获得长的延时时间而同时增加了系统复杂程度的问题，本发明提供了一种基于受激布里渊散射和光纤环形结构可控光脉冲延时装置，它是基于受激布里渊散射慢光原理和利用光纤环形结构增加脉冲延时量从而获得任意时间延时的脉冲延时装置，它克服了现有技术中为获得长延时而同时增加了系统复杂程度的缺陷。

本发明的延时装置包括产生泵浦光的第一激光源和产生探测脉冲光的第二激光源，所述延时装置还包括第一光纤环形器、第一隔离器、第一光纤耦合器和第一单模光纤，第一光纤环形器、第一隔离器、第一光纤耦合器和第一单模光纤构成光纤环形腔，第一激光源产生的泵浦光从第一光纤环形器的第一端口输入并通过第一光纤环形器的第二端口入射到第一单模光纤的一端，第二激光源产生的探测脉冲光从第一光纤耦合器的第一端口输入并通过第一光纤耦合器的第三端口入射到第一单模光纤的另一端，所述探测脉冲光

经布里渊放大及延时后到达第一光纤环形器的第二端口并通过第一光纤环形器的第三端口入射到第一隔离器的输入端，第一隔离器的输出端通过光纤连接第一光纤耦合器的第二端口，第一光纤耦合器的第四端口输出所需延时光脉冲；所述第一激光源产生的泵浦光的频率与所述第二激光源产生的探测脉冲光的频率相差一个第一单模光纤的布里渊频移值。所述第二激光源产生探测脉冲的脉宽为 40～100 ns。所述第一光纤耦合器的耦合比为 99:1～50:50。

工作原理：本发明利用反向传输的一束强的泵浦光和一束弱的探测脉冲光在第一单模光纤中发生受激布里渊散射而获得慢光。当泵浦光和探测脉冲光满足相位匹配条件，即

$$\nu_s = \nu_p - \Omega_B$$

时即可发生受激布里渊散射，其中$\nu_s$为探测脉冲光的频率，$\nu_p$为泵浦光的频率，$\Omega_B$为布里渊频移，此$\Omega_B$的大小由第一单模光纤的型号以及$\nu_p$来决定。当单模光纤中发生受激布里渊散射时，其可以看作是一个窄带放大过程，根据 Kramers-Kronig 关系，布里渊的放大过程会产生折射率的变化，而折射率的剧烈变化会导致群折射率的增加，因此群速度变慢。受激布里渊散射慢光在光纤中产生的延时$\Delta T_{del}$为

$$\Delta T_{del} = G/\Gamma_{\mathrm{B}},$$

其中，$G$为布里渊增益系数（其大小由光纤长度及泵浦光的功率来决定），$\Gamma_{\mathrm{B}}$为布里渊增益带宽。可见其延时量由布里渊增益系数决定。本发明与传统的在光纤中实现慢光的装置相比，其采用光纤环形腔结构缩小了系统体积，减少了系统的复杂程度；而且，探测脉冲光在光纤环形腔中每循环放大一次就会产生一定的延时，每次循环放大产生的延时量由布里渊增益系数决定，那么控制循环次数和布里渊增益就可以获得任意的延时量。

**附图说明**

图 1 是本发明的装置结构示意图，图 2 是具体实施方式二、三、四的结构示意图。

**具体实施方式**

具体实施方式一：参见图 1，本具体实施方式的延时装置由产生泵浦光的第一激光源 6、产生探测脉冲光的第二激光源 7、第一光纤环形器 1、第一隔离器 5、第一光纤耦合器 4 和第一单模光纤 3 组成，所述第一激光源 6 产生的

泵浦光的频率与所述第二激光源 7 产生的探测脉冲的频率相差一个第一单模光纤 3 的布里渊频移值；第一光纤环形器 1、第一隔离器 5、第一光纤耦合器 4 和第一单模光纤 3 构成光纤环形腔 2，所述第一单模光纤 3 的长度为 500～1000 米，第一激光源 6 产生的泵浦光从第一光纤环形器 1 的第一端口 1-1 输入并通过第一光纤环形器 1 的第二端口 1-2 入射到第一单模光纤 3 的一端，所述第一光纤耦合器 4 的耦合比为 99:1～50:50，第二激光源 7 产生的探测脉冲光从第一光纤耦合器 4 的第一端口 4-1 输入并有 50%～99%的光通过第一光纤耦合器 4 的第三端口 4-3 入射到第一单模光纤 3 的另一端，探测脉冲光在光纤环形腔 2 内以逆时针方向传输，所述泵浦光和探测脉冲光在第一单模光纤 3 中相互作用发生受激布里渊散射，所述探测脉冲光经布里渊放大及延时后到达第一光纤环形器 1 的第二端口 1-2 并通过第一光纤环形器 1 的第三端口 1-3 入射到第一隔离器 5 的输入端，第一隔离器 5 的输出端通过光纤连接第一光纤耦合器 4 的第二端口 4-2，从第一光纤耦合器 4 的第四端口 4-4 输出 50%～99%的经过一次延时的光脉冲，从第一光纤耦合器 4 的第三端口 4-3 输出 1%～50%的延时光脉冲再次进入第一单模光纤 3 中发生再次放大和延时，于是形成了循环，这样就可以通过光在光纤环形腔 2 中的循环传输获得不同延时时间的光脉冲。所述第一激光源 6 和第二激光源 7 输出的激光波长为 1550nm，其在第一单模光纤 3 中的布里渊增益带宽 $\Gamma_B$ 为 30～50MHz，所述第一激光源 6 产生的泵浦光的功率不足以在第一单模光纤 3 中产生自发受激布里渊散射放大。所述第二激光源 7 产生的探测脉冲的脉宽为 40～100 ns。所述第一单模光纤 3 的型号为武汉长飞光纤光缆公司的 SMF-28，它在使用时可成捆放置，减小了占用空间。

具体实施方式二：参见图 2，本具体实施方式与具体实施方式一的不同点：所述第一激光源 6 由第三光纤激光器 8、第二光纤耦合器 9、掺铒光纤放大器 10 和可调衰减器 11 组成，所述第二激光源 7 由第三光纤激光器 8、第二光纤耦合器 9、布里渊光纤环形激光器 12、第一光纤偏振控制器 13、电光调制器 14、脉冲发生电路 15 和第二隔离器 16 组成，所述第二光纤耦合器 9 的耦合比为 90:10～95:5，第三光纤激光器 8 输出的泵浦光通过第二光纤耦合器 9 的第一端口 9-1 入射到第二光纤耦合器 9 中，从第二光纤耦合器 9 的第二端口 9-2 获得的 5%～10%的泵浦光入射到掺铒光纤放大器 10 的输入端，掺铒光纤

放大器 10 的输出端通过光纤连接可调衰减器 11 的输入端，可调衰减器 11 的输出端通过光纤连接第一光纤环形器 1 的第一端口 1-1，从第二光纤耦合器 9 的第三端口 9-3 获得的 90%～95%的泵浦光入射到布里渊光纤环形激光器 12 的输入端并经布里渊光纤环形激光器 12 获得频率与入射到掺铒光纤放大器 10 输入端的泵浦光相差一个第一单模光纤 3 的布里渊频移值的光，布里渊光纤环形激光器 12 的输出端通过光纤连接第一光纤偏振控制器 13 的输入端，第一光纤偏振控制器 13 的输出端通过光纤连接电光调制器 14 的光输入端，脉冲发生电路 15 的一个输出端连接电光调制器 14 的电控端，电光调制器 14 的光输出端通过光纤连接第二隔离器 16 的输入端，第二隔离器 16 的输出端通过光纤连接第一光纤耦合器 4 的第一端口 4-1。所述第三光纤激光器 8 输出为 100mW 的连续光；所述掺铒光纤放大器 10 输出的功率为 200mW；所述可调衰减器 11 用于调节输入到光纤环形腔 2 内的泵浦光的功率大小。本具体实施方式利用脉冲发生电路 15 产生一个电脉冲加到电光调制器 14 上对第一光纤偏振控制器 13 输出的连续光进行调制，从而产生一个脉冲光作为探测脉冲光，第一光纤偏振控制器 13 改变激光的偏振态使其与电光调制器 14 相匹配。所述掺铒光纤放大器 10 采用的型号为 KPS-BT2-C-BO-FA (Keopsys 公司，法国)。其他组成和连接关系与具体实施方式一相同。本具体实施方式利用一个激光源产生了两种性质的光，结构简单，且慢光延时量的控制精度高。

具体实施方式三：参见图 2，本具体实施方式与具体实施方式二的不同点：所述布里渊光纤环形激光器 12 是由第二光纤环形器 12-1、第二单模光纤 12-2、第三光纤耦合器 12-3、第三隔离器 12-4 和第二光纤偏振控制器 12-5 构成的光纤环形腔，所述第三光纤耦合器 12-3 的耦合比为 90:10～95:5，从第二光纤耦合器 9 的第三端口 9-3 获得的 90%～95%的泵浦光从第二光纤环形器 12-1 的第一端口 12-1-1 输入并通过第二光纤环形器 12-1 的第二端口 12-1-2 入射到第二单模光纤 12-2 的一端，第二单模光纤 12-2 的另一端连接第三光纤耦合器 12-3 的第二端口 12-3-2，这部分泵浦光在第二单模光纤 12-2 内顺时针传输产生的 Stokes 光返回至第二光纤环形器 12-1 的第二端口 12-1-2 并通过第二光纤环形器 12-1 的第三端口 12-1-3 输出到第二光纤偏振控制器 12-5 的输入端，第二光纤偏振控制器 12-5 的输出端通过光纤连接第三隔离器 12-4 的输入端，第三隔离器 12-4 的输出端通过光纤连接第三光纤耦合器 12-3 的第一端口 12-3-1，

从第三光纤耦合器 12-3 的第三端口 12-3-3 获得 90%～95%的 Stokes 光输入到第一光纤偏振控制器 13 的输入端，从第三光纤耦合器 12-3 的第三端口 12-3-2 获得 5%～10%的 Stokes 光再次进入第二单模光纤 12-2 中形成反馈。在本具体实施方式中，所述第二单模光纤 12-2 与所述第一单模光纤 3 的型号相同，这样的话泵浦光自身产生的 Stokes 光的频率恰与其相差一个布里渊频移值。所述第二单模光纤 12-2 的长度为 1～2 千米。其他组成和连接关系与具体实施方式二相同。采用本具体实施方式产生探测脉冲光，结构简单、仪器少、操作简便，而且保证了探测脉冲光频率的精确度。

具体实施方式四：参见图 2，本具体实施方式与具体实施方式二的不同点：所述延时装置还包括光开关 17 和脉冲延时模块 18，脉冲发生电路 15 的另一个输出端连接脉冲延时模块 18 输入端，脉冲延时模块 18 输出端连接光开关 17 的控制端。脉冲发生电路 15 同时分别给电光调制器 14 和脉冲延时模块 18 一个脉冲信号，经过一定的延时后控制光开关 17 打开获取一定延时量的光信号。脉冲延时模块 18 的延时时间由所需的延时量来决定，而延时量由探测脉冲光的循环次数和受激布里渊散射的布里渊增益有关。其他组成和连接关系与具体实施方式一相同。

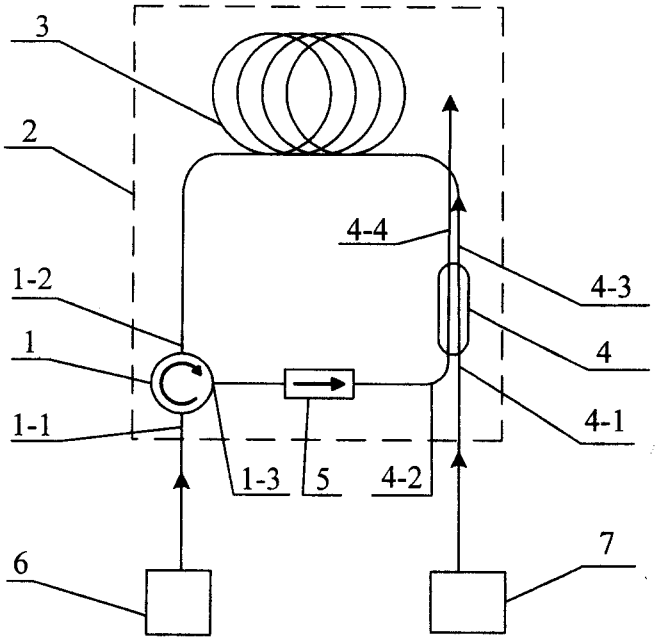



图 1

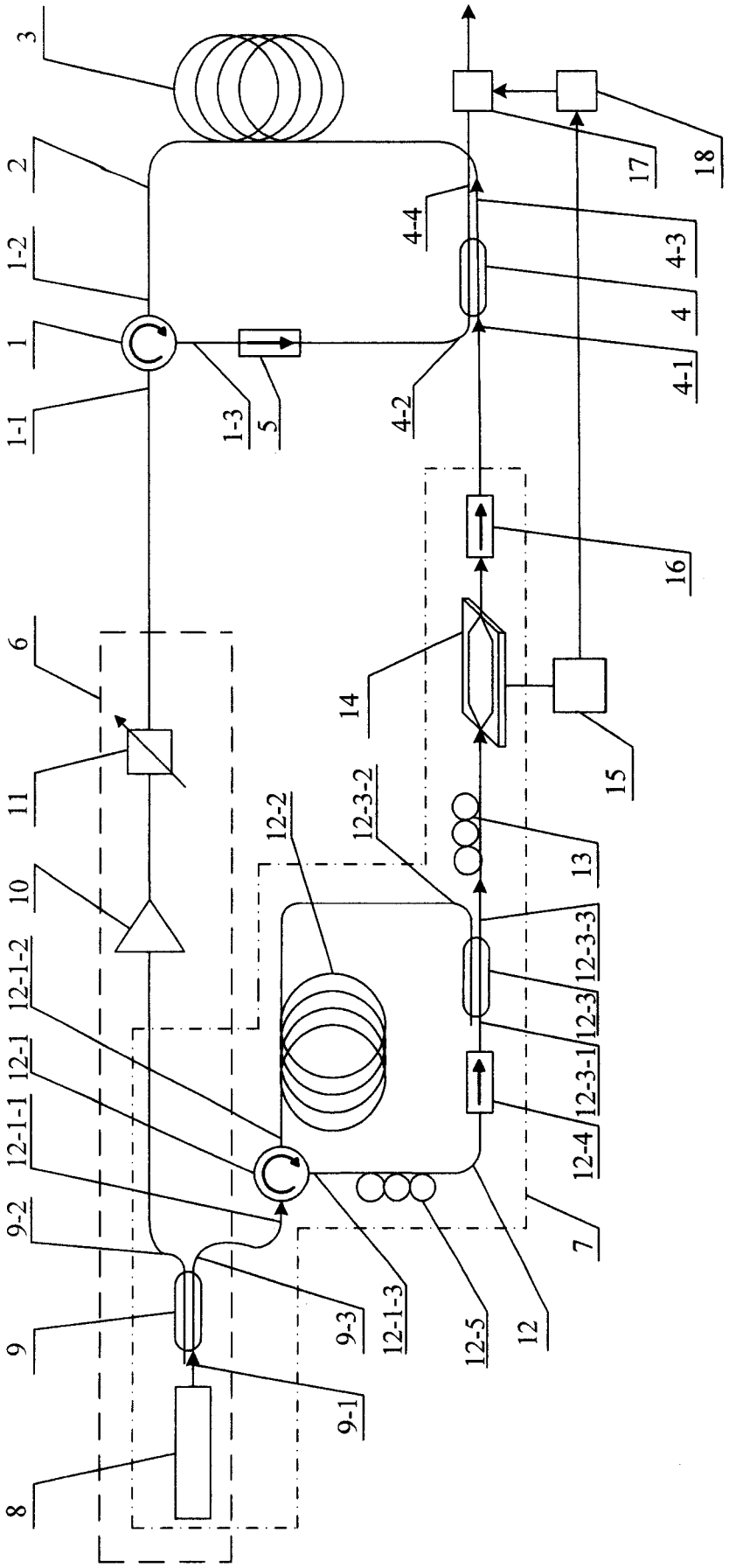

3
2
1-2
1
1-1
1-3
5
4-4
4-2
4-3
4
4-1
17
18
16
6
14
15
11
12-2
12-3-2
13
10
12-3-3
12-1-2
12-3
12-1
12-3-1
12-1-1
12-4
9-2
7
9-3
12-1-3
12-5
12
9
9-1
8

图 2