



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204441699 U

(45) 授权公告日 2015. 07. 01

(21) 申请号 201520112150. 1

(22) 申请日 2015. 02. 16

(73) 专利权人 深圳市欧凌镭射科技有限公司
地址 518000 广东省深圳市南山区丽山路
65 号民企科技园 3 栋 4 楼西

(72) 发明人 董杰

(74) 专利代理机构 深圳中一专利商标事务所
44237

代理人 张全文

(51) Int. Cl.

H01S 3/067(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

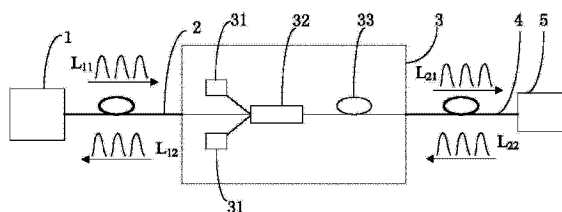
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 实用新型名称

一种脉冲光纤激光器

(57) 摘要

本实用新型适用于激光技术领域, 提供了一种脉冲光纤激光器, 包括脉冲激光发射器和第一脉冲光纤放大器, 在脉冲激光发射器和第一脉冲光纤放大器之间连接有用于对脉冲激光发射器输出的第一正向脉冲及其经第一脉冲光纤放大器反射的第一反向脉冲进行延迟的第一光脉冲延时线; 在第一脉冲光纤放大器的输出端连接有用于对第一脉冲光纤放大器输出的第二正向脉冲及其经物体反射的第二反向脉冲进行延迟的第二光脉冲延时线。本实用新型通过引入第一光脉冲延时线和第二光脉冲延时线, 避免了正反脉冲在有源光纤中对撞, 进而避免了反向光脉冲与正向脉冲竞争载流子, 并且防止正反脉冲干涉而增加光的峰值功率, 保护有源光纤。



1. 一种脉冲光纤激光器,包括脉冲激光发射器和第一脉冲光纤放大器,其特征在于,在所述脉冲激光发射器和第一脉冲光纤放大器之间连接有:用于对所述脉冲激光发射器输出的第一正向脉冲及其经第一脉冲光纤放大器反射的第一反向脉冲进行延迟,以防止第一正向脉冲和第一反向脉冲在脉冲激光发射器的有源光纤中对撞的第一光脉冲延时线;在所述第一脉冲光纤放大器的输出端连接有:用于对第一脉冲光纤放大器输出的第二正向脉冲及其经物体反射的第二反向脉冲进行延迟,以防止第二正向脉冲和第二反向脉冲在第一脉冲光纤放大器的有源光纤中对撞的第二光脉冲延时线。

2. 如权利要求 1 所述的脉冲光纤激光器,其特征在于,在所述第二光脉冲延时线的输出端连接有隔离器。

3. 如权利要求 1 所述的脉冲光纤激光器,其特征在于,所述第一光脉冲延时线或第二光脉冲延时线的长度 L 为: $L \geq TC/(2n)$,所述 T 为脉冲激光发射器输出的光脉冲宽度, C 为光速, n 为所述第一光脉冲延时线或第二光脉冲延时线的折射率。

4. 如权利要求 1 或 3 所述的脉冲光纤激光器,其特征在于,所述第一光脉冲延时线的延时时间小于所述脉冲激光发射器的有源光纤中载流子的反转时间;所述第二光脉冲延时线的延时时间小于所述脉冲光纤放大器的有源光纤中载流子的反转时间。

5. 如权利要求 1 所述的脉冲光纤激光器,其特征在于,所述脉冲激光发射器包括连续工作光纤激光器和声光晶体光开关,所述声光晶体光开关的开门时间接近或小于与所述第一光脉冲延时线的延时时间。

6. 如权利要求 5 所述的脉冲光纤激光器,其特征在于,所述连续工作光纤激光器包括依次连接的第一泵浦源、第一泵浦合束器及掺杂增益介质的第一有源光纤,在所述第一泵浦合束器连接所述第一泵浦源的一侧还设有全反光栅,在所述第一有源光纤的另一端设有低反光栅,在所述低反光栅的输出端设有所述声光晶体光开关。

7. 如权利要求 5 所述的脉冲光纤激光器,其特征在于,所述连续工作光纤激光器包括依次连接的第一泵浦源、第一泵浦合束器及掺杂增益介质的第一有源光纤,在所述第一泵浦合束器连接所述第一泵浦源的一侧还设有全反光栅,在所述第一有源光纤的另一端连接所述声光晶体光开关,在所述声光晶体光开关的输出端设有低反光栅。

8. 如权利要求 1 所述的脉冲光纤激光器,其特征在于,所述脉冲激光发射器采用半导体直接调制的脉冲激光种子源激光器。

9. 如权利要求 1 所述的脉冲光纤激光器,其特征在于,所述第一脉冲光纤放大器包括依次连接的第二泵浦源、第二泵浦合束器及掺杂增益介质的第二有源光纤;所述第二泵浦合束器连接所述第二泵浦源的一端直接或间接连接所述第一光脉冲延时线,所述第二有源光纤的另一端直接或间接连接所述第二光脉冲延时线。

10. 如权利要求 1 所述的脉冲光纤激光器,其特征在于,在所述第一脉冲光纤放大器之后还级联至少一个第二脉冲光纤放大器,在每相邻两个第二脉冲光纤放大器之间设有第三光脉冲延时线。

一种脉冲光纤激光器

技术领域

[0001] 本实用新型属于激光技术领域,特别涉及一种脉冲光纤激光器。

背景技术

[0002] 光纤激光器被广泛应用在工业焊接、切割、打标、雕刻等工业领域,以及医疗、自由空间传输、军事、传感等领域。特别是近年来脉冲光纤激光器得到了广泛的应用推广。但是,在脉冲光纤激光器中由于后级放大器的影响以及外部对光脉冲的反射,往往导致光路中出现与光脉冲输出方向的相反方向的光脉冲传输,这个反向传输的光脉冲在有源光纤中会逐步被放大,从而形成很强的反向脉冲,进而与正向脉冲竞争载流子,同时由于激光的相干性,被放大的反向光脉冲与正向光脉冲形成干涉,进一步在有源光纤的局部增加了光的峰值功率,从而导致光纤断裂。正反向光脉冲对载流子的竞争以及由于相干而导致的局部光功率的倍增是脉冲激光器的致命问题。为了减少正反向光脉冲的相互作用,也就是减少反向光脉冲对正向光脉冲的影响,一般会在脉冲激光发射器与光纤激光放大器之间加入阻隔反向光脉冲的隔离器,并且在光纤激光器的输出端加上抗反射隔离器。即使如此,也无法完全消除反向光脉冲对正向光脉冲的影响。

实用新型内容

[0003] 本实用新型的目的在于提供一种脉冲光纤激光器,旨在避免正向脉冲和反向脉冲在有源光纤中碰撞。

[0004] 本实用新型是这样实现的,一种脉冲光纤激光器,包括脉冲激光发射器和第一脉冲光纤放大器,其特征在于,在所述脉冲激光发射器和第一脉冲光纤放大器之间连接有:用于对所述脉冲激光发射器输出的第一正向脉冲及其经第一脉冲光纤放大器反射的第一反向脉冲进行延迟,以防止第一正向脉冲和第一反向脉冲在脉冲激光发射器的有源光纤中对撞的第一光脉冲延时线;在所述第一脉冲光纤放大器的输出端连接有:用于对第一脉冲光纤放大器输出的第二正向脉冲及其经物体反射的第二反向脉冲进行延迟,以防止第二正向脉冲和第二反向脉冲在第一脉冲光纤放大器的有源光纤中对撞的第二光脉冲延时线。

[0005] 本实用新型通过引入第一光脉冲延时线,使来自脉冲激光发射器的正向脉冲和被脉冲光纤放大器反射的反向脉冲产生时间错位,避免二者在脉冲激光发射器的有源光纤中对撞,通过引入第二光脉冲延时线,防止输出光脉冲被物体反射后重新进入原脉冲光纤放大器而与来自脉冲光纤放大器的正向脉冲对撞,在多级级联脉冲光纤放大器的结构中,相邻的脉冲光纤放大器之间以及最后一个脉冲光纤放大器之后设置光脉冲延时线具有同样效果。因此,本实用新型通过光脉冲延时线避免了反向光脉冲与正向脉冲竞争载流子,并且防止正反脉冲干涉而增加光的峰值功率,保护有源光纤。

附图说明

[0006] 图1是本实用新型实施例提供的脉冲光纤激光器的结构示意图(一);

- [0007] 图 2 是本实用新型实施例提供的脉冲光纤激光器的光脉冲延时线工作原理图；
[0008] 图 3 是本实用新型实施例提供的脉冲光纤激光器的结构示意图（二）；
[0009] 图 4 是本实用新型实施例提供的脉冲光纤激光器的结构示意图（三）。

具体实施方式

[0010] 为了使本实用新型的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本实用新型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仅用以解释本实用新型，并不用于限定本实用新型。

[0011] 以下结合具体实施例对本实用新型的具体实现进行详细描述：

[0012] 请参考图 1，本实用新型实施例提供一种脉冲光纤激光器，包括脉冲激光发射器 1 和第一脉冲光纤放大器 3，脉冲激光发射器 1 可以是光纤激光器，也可以是半导体激光器；第一脉冲光纤放大器 3 放大来自脉冲激光发射器 1 的短脉冲，得到高输出功率的短光脉冲。在脉冲激光发射器 1 和第一脉冲光纤放大器 3 之间连接有第一光脉冲延时线 2，在第一脉冲光纤放大器 3 的输出端连接有第二光脉冲延时线 4，优选的，可以在第二光脉冲延时线 4 的输出端设置隔离器 5。该第一光脉冲延时线 2 和第二光脉冲延时线 4 均为光纤，第一光脉冲延时线 2 对脉冲激光发射器 1 输出的第一正向脉冲 L_{11} 及其经第一脉冲光纤放大器 3 反射的第一反向脉冲 L_{12} 进行延迟，防止第一正向脉冲 L_{11} 和第一反向脉冲 L_{12} 在脉冲激光发射器 1 的有源光纤中对撞；第二光脉冲延时线 4 对第一脉冲光纤放大器 3 输出的第二正向脉冲 L_{21} 及其经物体反射的第二反向脉冲 L_{22} 进行延迟，防止第二正向脉冲 L_{21} 和第二反向脉冲 L_{22} 在第一脉冲光纤放大器 3 的有源光纤中对撞。

[0013] 具体原理参考图 2，假设一个方形光脉冲在前一级有源光纤 201 中产生，光脉冲的宽度为 T 秒。在光脉冲宽度 T 内，光脉冲的波前标记为第 1 点，中间点标记为第 N/2 点，最后一点标记为第 N 点。由于光纤的折射率 n 约为 1.45，则光在光纤中传输 1 米长所需要的时间为： $1 \text{ 米} / (C/n) \sim 4.8 \text{ ns}$ ，C 为真空中的光速。在此，将光脉冲每间隔 1 米传输距离（也就是传输 4.8ns）标记为一个点。如果在前一级的有源光纤 201 的输出端（A 处）连接有 1 米长的延时光纤 202，正向传输的光脉冲在该延时光纤 202 的尾端（B 处）被反射，那么第一个点被 B 处反射时，第二点正好到达 A 处，第一点被 B 处反射后反向传输到 A 处时，第三点正向到达 A 处，被反射的第一点继续沿有源光纤 201 反向传输时必然会接连与第三点后的各脉冲点相撞，如此类推，第二点、第三点、…、第 N 点也是如此，这样，该方波的反向脉冲与其正向脉冲在有源光纤 201 中对撞。为了防止上述正反向脉冲在有源光纤中的相撞，对于上述 1 米的延时光纤 202，光脉冲的宽度 T 不能出现第三点，也就是 T 必须小于等于 $4.8 \text{ ns} * 2 = 9.6 \text{ ns}$ ，保证反向脉冲露出延时光纤 202 的 A 端时，正向脉冲已经全部进入延时光纤 202。如此可以反向类推，当光脉冲的宽度确定时，延时光纤 202 的长度要足够长，才能保证反向脉冲进入有源光纤 201 中时，其正向脉冲已经全部进入延时光纤 202，避免二者同时存在于有源光纤 201，光脉冲延时光纤 202 的长度和可允许的光脉冲宽度是正比关系。

[0014] 基于上述原理，第一、第二光脉冲延时线的长度 L 应该满足 $L \geq TC / (2n)$ ，T 为光脉冲宽度，C 为真空中光速，n 为第一、第二光脉冲延时线的折射率，光脉冲的延时时间为 $t = 2L / (C/n)$ ，光脉冲延时时间 t 大于光脉冲的宽度 T。

[0015] 根据以上分析可知光脉冲延时线的长度 L 最小为 $L = TC / (2n)$ ，光脉冲延时线的长

度增加时,可允许的脉冲宽度更大,对于既定宽度的脉冲,也可以十分显著的防止正反脉冲的对撞,然而并不是越长越好,还要考虑到有源光纤中载流子反转的时间,即反转载流子被前一个光脉冲耗尽后,再次实现载流子反转的时间,如果长度过大,延时时间超过了载流子的反转时间,反向脉冲进入有源光纤时将被放大,影响激光器的性能,光脉冲延时线的理想长度为 L 略大于 $TC/(2n)$,但要远远小于载流子反转时间对应的长度,及延时时间远远小于载流子的反转时间。

[0016] 可以理解,上述原理是以有源光纤和光脉冲延时线直接对接的情况进行分析,在实际中,该第一光脉冲延时线 2 可能是和脉冲激光发射器 1 的有源光纤直接连接,也有可能是通过其他结构间接连接,而无论是何种连接方式,均以上述设置方式确定第一光脉冲延时线 2 的长度都可以解决上述问题,同理,第二光脉冲延时线 4 和第一脉冲光纤放大器 3 中的有源光纤的连接也可以是直接或间接连接,其长度同样按照上述方式确定。

[0017] 进一步的,隔离器 5 设置于第二光脉冲延时线 4 的输出端,可以阻止第一脉冲光纤放大器 3 输出的光脉冲经过隔离器输出侧的其他物体反射回来的反向脉冲,进一步阻断反向脉冲的传输。

[0018] 本实用新型实施例在脉冲激光发射器 1 和第一脉冲光纤放大器 3 之间以及第一脉冲光纤放大器 3 和输出隔离器 5 之间设置第一光脉冲延时线 2 和第二光脉冲延时线 4,对光脉冲的传输进行延迟,特别是对反向光脉冲进行延迟,使正向脉冲和反向脉冲产生时间错位,防止来自第一脉冲光纤放大器 3 的反向脉冲与来自脉冲激光发射器 1 的正向脉冲在脉冲激光发射器 1 的有源光纤中对撞,以及防止输出光脉冲被物体反射后重新进入原第一脉冲光纤放大器 3 而与来自第一脉冲光纤放大器 3 的正向脉冲对撞,进而避免反向光脉冲与正向脉冲竞争载流子,并且防止正反脉冲干涉而增加光的峰值功率,保护有源光纤。此脉冲光纤激光器适用于波长为 $1\mu\text{m}\sim 2\mu\text{m}$ 的纳秒、皮秒、飞秒脉冲激光器。特别是脉冲宽度较宽的大功率纳秒脉冲光纤激光器,引入该光脉冲延时线的意义就更加重要。

[0019] 在本实用新型实施例中,脉冲激光发射器 1 可以有多种选择,可以采用连续工作光纤激光器和声光晶体光开关组成的脉冲激光器,也可以采用半导体直接调制的脉冲激光种子源激光器。作为一种实施例,如图 3,脉冲激光发射器 1 由连续工作光纤激光器和声光晶体光开关组成,连续工作光纤激光器包括依次连接的第一泵浦源 11、第一泵浦合束器 12 及掺杂增益介质的第一有源光纤 13,在第一泵浦合束器 12 连接第一泵浦源 11 的一侧还设有全反光栅 14,在第一有源光纤 13 的另一端设有低反光栅 15,声光晶体光开关 16 设置在低反光栅 15 的输出端。

[0020] 作为另一种实施例,如图 4,脉冲激光发射器 1 是内置声光晶体光开关的调 Q 脉冲光纤激光器,包括依次连接的第一泵浦源 11、第一泵浦合束器 12 及掺杂增益介质的第一有源光纤 13,在第一泵浦合束器 12 连接第一泵浦源 11 的一侧还设有全反光栅 14,在第一有源光纤 13 的另一端连接声光晶体光开关 16,在声光晶体光开关 16 的输出端设有低反光栅 15。

[0021] 进一步的,从声光晶体光开关 16 发出的正向光脉冲在进入第一脉冲光纤放大器 3 后会有反向光脉冲返回到脉冲激光发射器 1,此时如果声光晶体光开关 16 的开门时间与第一光脉冲延时线 2 引入的延时时间相当(略大于或小于)或更小,反向光脉冲就可以被声光晶体光开关 16 阻断,不能进入到光纤激光发射器 1 的第一有源光纤 13 中,从而避免了正

反向光脉冲在第一有源光纤 13 的对撞。因此,在设置上述第一光脉冲延时线 2 的同时,可以通过对声光晶体光开关 16 的开门时间进行设置,以进一步有效避免正反脉冲的对撞。并且,可以在一定程度上阻断反向脉冲进入第一有源光纤 13,防止反向脉冲的放大。当声光晶体光开关 16 的开门时间极小时,也可以适当减小第一光脉冲延时线 2 的长度。

[0022] 作为另一种实施例,如图 1,该脉冲激光发射器 1 还可以采用半导体直接调制的脉冲激光种子源激光器。

[0023] 进一步参考图 1、3、4,第一脉冲光纤放大器 3 包括依次连接的第二泵浦源 31、第二泵浦合束器 31 及掺杂增益介质的第二有源光纤 33;第二泵浦合束器 32 连接第二泵浦源 31 的一端直接或间接连接第一光脉冲延时线 2,第二有源光纤 33 的另一端直接或间接连接第二光脉冲延时线 4。

[0024] 具体的,上述脉冲激光发射器 1 可以为脉冲宽度为 100ns 的调 Q 1064nm 脉冲光纤激光器,脉冲频率为 50KHz。连续工作光纤激光器采用 915nm 或者 976nm 半导体泵浦激光器和铈共掺有源双包层光纤。由声光晶体光开关 16(调制器)产生 50KHz 频率的脉冲宽度为 50 ~ 150ns 的光脉冲序列。脉冲光纤放大器 3 包括 915nm 或者 976nm 半导体泵浦激光器和铈共掺有源双包层光纤。第一光脉冲延时线 2 和第二光脉冲延时线 4 的长度为 5-20 米。激光输出端有抗反射的高功率隔离器 5,减少从激光器外部返回的反射光。该脉冲激光器最终输出平均功率为 50W,单脉冲能量为 1mJ,峰值功率为 10KW。

[0025] 本实用新型通过引入第一光脉冲延时线 2,使来自脉冲激光发射器 1 的正向脉冲和被第一脉冲光纤放大器 3 反射的反向脉冲产生时间错位,二者不会在脉冲激光发射器 1 的有源光纤中相遇;通过引入第二光脉冲延时线 4,即使将隔离器 5 的输出端面向全反射镜,反射回来的光脉冲也不足以导致第一脉冲光纤放大器 3 的有源光纤的断裂。一方面隔离器 5 减少了进入第一脉冲光纤放大器 3 的反射光功率,另一方面第二光脉冲延时线 4 使正反向脉冲产生了时间错位,避免了正反向光脉冲在第一脉冲光纤放大器 3 的有源光纤中对撞。

[0026] 可以理解,该脉冲光纤激光器可以级联多个脉冲光纤放大器,即,在上述第一脉冲光纤放大器 3 之后依次连接至少一个第二脉冲光纤放大器,输出隔离器可以设置于最后一个第二脉冲光纤放大器之后。第一脉冲光纤放大器 3 连接的第二光脉冲延时线的另一端连接第一个第二脉冲光纤放大器,每相邻两个第二脉冲光纤放大器之间连接第三光脉冲延时线。每个光脉冲延时线均可防止其输出方向的物体反射的反向脉冲与其正向脉冲在前一级脉冲光纤放大器中对撞。

[0027] 通过对含有第一、第二光脉冲延时线与无光脉冲延时线的脉冲光纤激光器进行试验比较,其差异是明显的,可见光脉冲延时线起到了有效的作用。同时,在 20W 平均输出功率、20KHz 调制频率、100ns 脉冲宽度的条件下进行了验证,对有光脉冲延时线和无光脉冲延时的上述 20W 调 Q 光纤激光器进行了比较试验,输出隔离器面向一光滑的铜板,不断改变光路入射到铜板的方向使反射光以不同的角度反射到脉冲光纤激光器中,无光脉冲延时线的脉冲光纤激光器几个小时内就会发生光纤断裂的情况,但是有光脉冲延时线的脉冲光纤激光器在几千小时的长时间连续工作状态下依然完好。

[0028] 以上所述仅为本实用新型的较佳实施例而已,并不用以限制本实用新型,凡在本实用新型的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本实用新型

的保护范围之内。

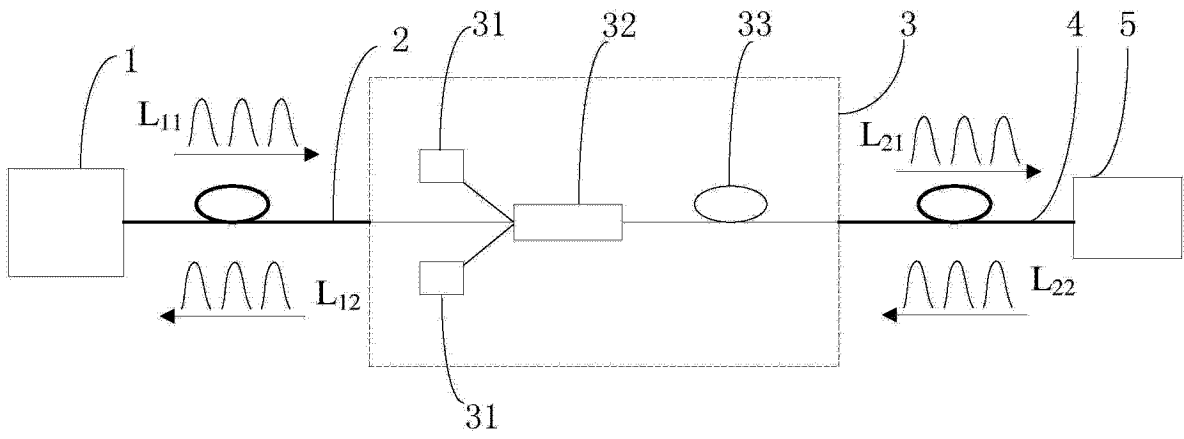


图 1

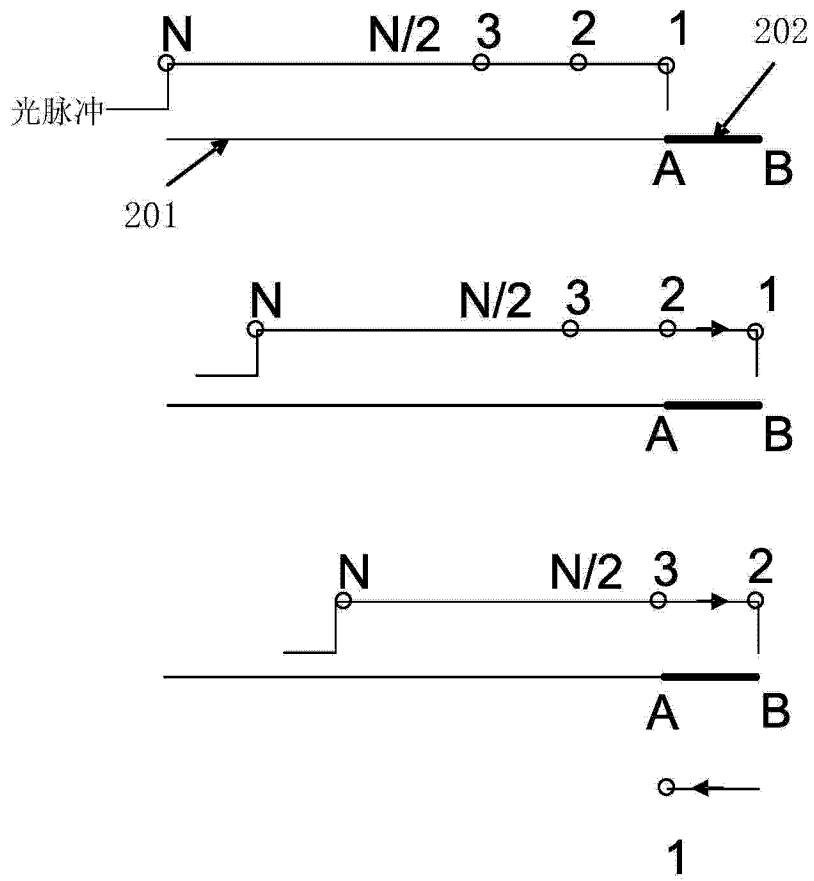


图 2

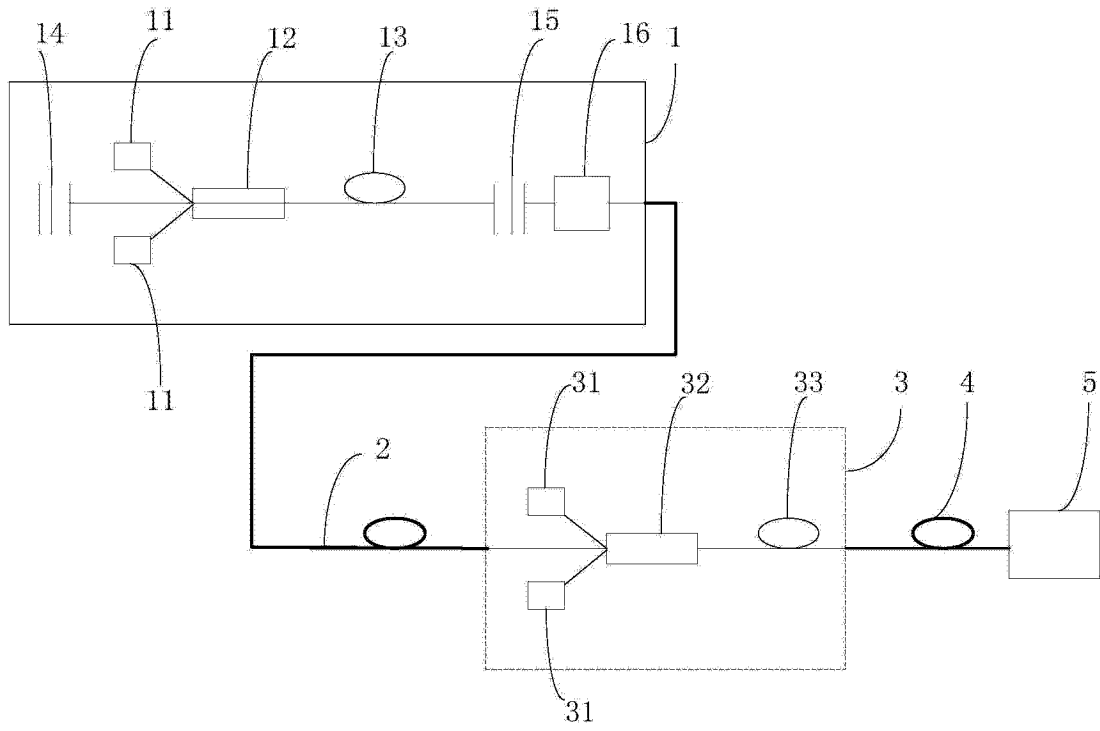


图 3

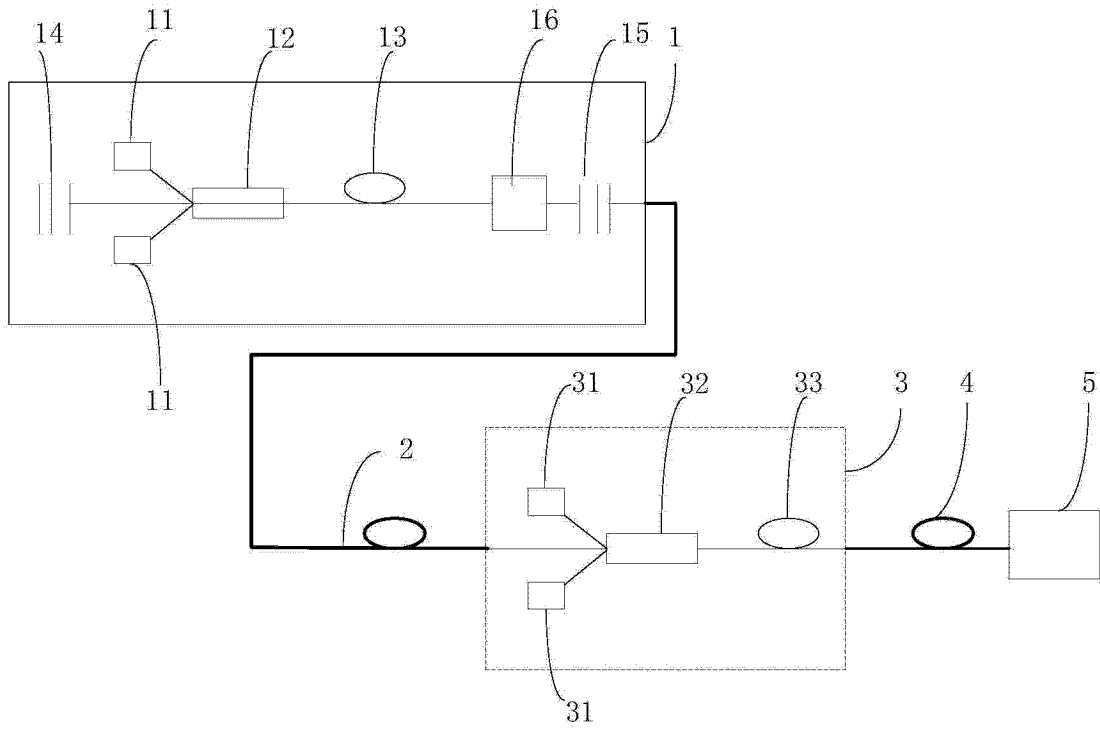


图 4