

(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
2021年6月24日(24.06.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/120730 A1

(51) 国际专利分类号:
G02F 1/39 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/115492

(22) 国际申请日: 2020年9月16日(16.09.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201911307807.9 2019年12月17日(17.12.2019) CN

(71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(72) 发明人: 邓宁(DENG, Ning); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 闫云飞(YAN, Yunfei); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 吴波(WU, Bo); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 于泳泽(YU, Yongze); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市深佳知识产权代理事务所(普通合伙) (SHENPAT INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国广东省深圳市罗湖区南湖街道春风路庐山大厦B座18C2、18D、18E、18E2, Guangdong 518001 (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,

(54) Title: OPTICAL AMPLIFICATION APPARATUS, AND METHOD FOR SIGNAL AMPLIFICATION BY MEANS OF OPTICAL AMPLIFICATION APPARATUS

(54) 发明名称: 一种光放大装置以及通过光放大装置的信号放大方法

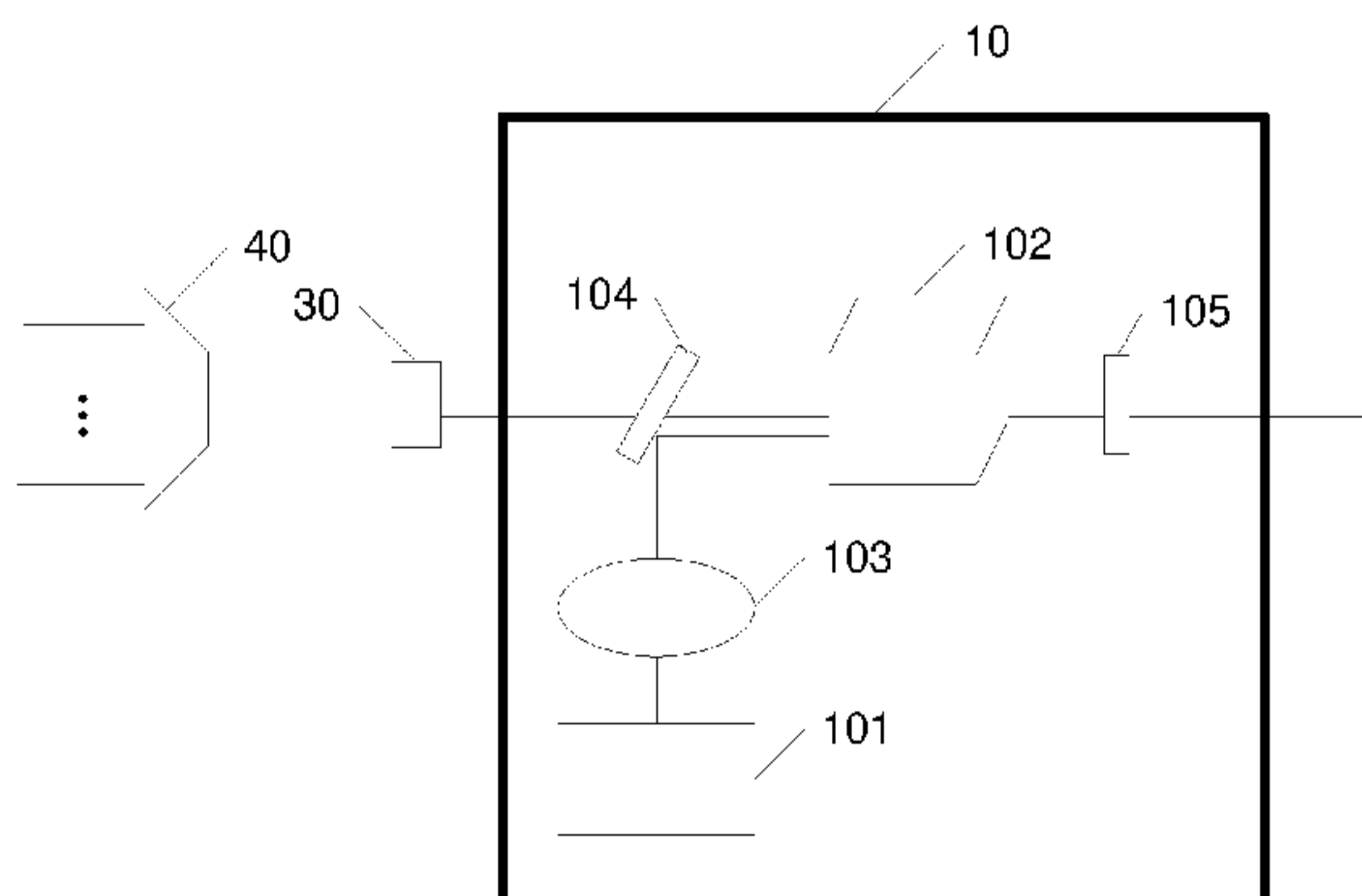


图 3

(57) Abstract: Provided are an optical amplification apparatus (10), and a method for signal amplification by means of the optical amplification apparatus (10). The optical amplification apparatus (10) is connected to an optical fiber, and the optical amplification apparatus (10) comprises a first pump laser (101) and a first gain medium (102), wherein the first pump laser (101) is used for transmitting first pump light; and the first gain medium (102) is used for receiving the first pump light, and first multi-path optical signals from the optical fiber. The first pump light can excite the population inversion of the first gain medium (102), so as to provide a gain for the first multi-path optical signals. In order to achieve a gain for each path of optical signal of the first multi-path optical signals, the first pump light and each path of optical signal of the first multi-path optical signals overlap in the first gain medium (102).

(57) 摘要: 一种光放大装置 (10) 以及通过光放大装置 (10) 的信号放大方法, 光放大装置 (10) 与光纤相连, 光放大装置 (10) 包括: 第一泵浦激光器 (101) 和第一增益介质 (102)。其中, 第一泵浦激光器 (101) 用于发射第一泵浦光。第一增益介质 (102) 用于接收第一泵浦光和来自光纤的第一多路光信号, 第一泵浦光可以激发第一增益介质 (102) 的粒子数反转, 从而为第一多路光信号提供增益。为了使第一多路光信号中的每路光信号实现增益, 第一泵浦光与第一多路光信号中的每路光信号在第一增益介质 (102) 中重叠。

WO 2021/120730 A1

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, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(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))。

一种光放大装置以及通过光放大装置的信号放大方法

本申请要求于 2019 年 12 月 17 日提交中国国家知识产权局、申请号为 201911307807.9、
发明名称为“一种光放大装置以及通过光放大装置的信号放大方法”的中国专利申请的优先
5 权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及光通信领域，尤其涉及一种光放大装置以及通过光放大装置的信号放大方法。

10 背景技术

在光网络中，经常存在由于光功率损耗，必须对光信号进行放大以使得光信号的功率和性能足够被接收机接收的情况。例如，通常可以使用掺铒光纤放大器（erbium doped fiber amplifier, EDFA）对光信号进行放大。

在实际应用中，一般都有多路光信号需要放大。目前实现多路光放主要靠累加的方法，
15 例如，将多个 EDFA 做成 EDFA 阵列，每个 EDFA 分别用于对每路光信号进行放大。由此可见，为了实现多路光放需要大量的 EDFA，实现成本较高。

发明内容

本申请实施例提供了一种光放大装置以及通过光放大装置的信号放大方法，无需设置多
20 个光放大装置分别对每路光信号进行放大，节约成本。

第一方面，本申请实施例提供了一种光放大装置，光放大装置与光纤相连，光放大装置包括第一泵浦激光器和第一增益介质。其中，第一泵浦激光器用于发射第一泵浦光。第一增益介质用于接收第一泵浦光和来自光纤的第一多路光信号，第一泵浦光可以激发第一增益介质的粒子数反转，从而为第一多路光信号提供增益。需要说明的是，为了使第一多路光信号
25 中的每路光信号实现增益，第一泵浦光与第一多路光信号中的每路光信号在第一增益介质中重叠。

在该实施方式中，第一增益介质可以接收到第一泵浦激光器发射的第一泵浦光和来自光纤的第一多路光信号，并且该第一泵浦光与第一多路光信号中的每路光信号在第一增益介质中重叠。因此，第一增益介质可以根据第一泵浦光对第一多路光信号中的每路光信号进行增
30 益。由此可以看出，本申请的光放大装置可以实现对多路光信号的放大，而无需设置多个光放大装置分别对每路光信号进行放大，节约成本。

可选地，在一些可能的实施方式中，光放大装置还包括第一光束整形结构。第一光束整形结构用于对第一泵浦光进行整形，并将整形后的第一泵浦光耦合至第一增益介质，整形后的第一泵浦光与第一多路光信号中的每路光信号在第一增益介质中重叠。

35 在该实施方式中，第一泵浦光的光束形态可能并不规则，因此通过第一整形结构对第一泵浦光先进行整形，可以使得整形后的第一泵浦光与第一多路光信号中的每路光信号在第一增益介质中的重叠效果更好。

可选地，在一些可能的实施方式中，第一泵浦光射入第一增益介质的方向和第一多路光

信号射入第一增益介质的方向相同。光放大装置还包括合波结构，合波结构用于对第一泵浦光和第一多路光信号进行合波得到合波信号，并将合波信号传输至第一增益介质。

在该实施方式中，可以通过合波结构先对第一泵浦光和第一多路光信号进行合波，使得合波后的第一泵浦光和第一多路光信号由同一方向射入第一增益介质。提供了一种实现第一泵浦光与第一多路光信号中的每路光信号在第一增益介质中重叠的具体实施方式，提高了本方案的实用性。

可选地，在一些可能的实施方式中，第一泵浦光射入第一增益介质的方向和第一多路光信号射入第一增益介质的方向不同。

在该实施方式中，在某些场景中，即使第一泵浦光射和第一多路光信号射入第一增益介质的方向不同，仍然可以实现第一泵浦光与第一多路光信号中的每路光信号在第一增益介质中重叠。例如，第一增益介质为立方体，第一多路光信号由第一增益介质的左平面射入，第一泵浦光由第一增益介质的下平面射入，扩展了本方案的可实现性。

可选地，在一些可能的实施方式中，光放大装置还包括隔离器，隔离器用于抑制第一多路光信号回波反射的光射入第一增益介质。

在该实施方式中，隔离器是允许光向一个方向通过而阻止向相反方向通过的无源器件，作用是对光的方向进行限制，使光只能单方向传输，通过光纤回波反射的光能够被很好的隔离，可以避免光在放大过程中由于来回反射而影响性能。

可选地，在一些可能的实施方式中，第一多路光信号沿第一方向传输，光放大装置还包括第一滤波结构、第二滤波结构和第二增益介质。第一滤波结构用于将第一多路光信号中的第一光信号透射至第一增益介质，并将第一多路光信号中的第二光信号反射至第二增益介质，第一光信号的波长与第二光信号的波长不同，第一泵浦光与第一光信号在第一增益介质中重叠。第一增益介质用于根据第一泵浦光对第一光信号进行增益。第二增益介质用于接收第一泵浦光，并根据第一泵浦光对第二光信号进行增益，第一泵浦光与第二光信号在第二增益介质中重叠。第二滤波结构用于沿第一方向透射增益后的第一光信号，并反射增益后的第二光信号，以使经过反射的增益后的第二光信号沿第一方向传输。

在该实施方式中，该光放大装置还可以对第一多路光信号分波带分别进行增益，即第一增益介质对第一光信号进行增益，第二增益介质对第二光信号进行增益，扩展了本方案的应用场景。

可选地，在一些可能的实施方式中，第一多路光信号沿第一方向传输，光放大装置还包括第一滤波结构、第二滤波结构、第二增益介质、第二泵浦激光器和第二光束整形结构。第二泵浦激光器用于发射第二泵浦光。第二光束整形结构用于对第二泵浦光进行整形，并将整形后的第二泵浦光耦合至第二增益介质。第一滤波结构用于将第一多路光信号中的第一光信号透射至第一增益介质，并将第一多路光信号中的第二光信号反射至第二增益介质，第一光信号的波长与第二光信号的波长不同，第一泵浦光与第一光信号在第一增益介质中重叠，第二泵浦光与第二光信号在第二增益介质中重叠。第一增益介质用于根据第一泵浦光对第一光信号进行增益。第二增益介质用于根据第二泵浦光对第二光信号进行增益。第二滤波结构用于沿第一方向透射增益后的第一光信号，并反射增益后的第二光信号，以使经过反射的增益后的第二光信号沿第一方向传输。

在该实施方式中，不同于上一个实施方式，在通过两个增益介质对第一多路光信号分波

带分别进行增益的场景下，还可以新增一个第二泵浦激光器专用于为第二增益介质提供第二泵浦光，并且也可以增加第二光束整形结构对第二泵浦光整形，提高了本方案的灵活性。

5 可选地，在一些可能的实施方式中，光放大装置还包括第一反射元件和第二反射元件。第一反射元件用于将第一滤波结构反射的第二光信号反射至第二增益介质。第二反射元件用于将增益后的第二光信号反射至第二滤波结构。

在该实施方式中，可以通过第一反射元件和第二反射元件对第二光信号以及增益后的第二光信号的传输光路进行改变，以使得第二光信号射入第二增益介质，并且增益后的第二光信号射向第二滤波结构，进一步提高了本方案的实用性。

10 可选地，在一些可能的实施方式中，第一多路光信号沿第一方向传输，光放大装置还包括第一滤波结构、第二滤波结构和第二增益介质。第一滤波结构用于将第一多路光信号透射至第一增益介质。第二滤波结构用于沿第一方向透射增益后的第一多路光信号，并将沿第二方向传输的第二多路光信号反射至第二增益介质，第一多路光信号的波长与第二多路光信号的波长不同，第一方向与第二方向相反。第二增益介质用于接收第一泵浦光，并根据第一泵浦光对第二多路光信号进行增益，第一泵浦光与第二多路光信号在第二增益介质中重叠。第一滤波结构还用于反射增益后的第二多路光信号，以使经过反射的增益后的第二多路光信号沿第二方向传输。

在该实施方式中，该光放大装置还可以应用于双向传输的场景中，即第一增益介质对沿第一方向传输的第一多路光信号进行增益，第二增益介质对沿第二方向传输的第二多路光信号进行增益，进一步扩展了本方案的应用场景。

20 可选地，在一些可能的实施方式中，第一多路光信号沿第一方向传输，光放大装置还包括第一滤波结构、第二滤波结构、第二泵浦激光器、第二增益介质和第二光束整形结构。第一滤波结构用于将第一多路光信号透射至第一增益介质。第二滤波结构用于沿第一方向透射增益后的第一多路光信号，并将沿第二方向传输的第二多路光信号反射至第二增益介质，第一多路光信号的波长与第二多路光信号的波长不同，第一方向与第二方向相反。第二泵浦激光器用于发射第二泵浦光。第二光束整形结构用于对第二泵浦光进行整形，并将整形后的第二泵浦光耦合至第二增益介质，整形后的第二泵浦光与第二多路光信号中的每路光信号在第二增益介质中重叠。第二增益介质用于根据第二泵浦光对第二多路光信号进行增益。第一滤波结构还用于反射增益后的第二多路光信号，以使经过反射的增益后的第二多路光信号沿第二方向传输。

30 在该实施方式中，不同于上一个实施方式，还可以新增一个第二泵浦激光器专用于为第二增益介质提供第二泵浦光，并且也可以增加第二光束整形结构对第二泵浦光整形，提高了本方案的灵活性。

35 可选地，在一些可能的实施方式中，光放大装置还包括第一反射元件和第二反射元件。第二反射元件用于将第二滤波结构反射的第二多路光信号反射至第二增益介质。第一反射元件用于将增益后的第二多路光信号反射至第一滤波结构。

在该实施方式中，可以通过第一反射元件和第二反射元件对第二多路光信号以及增益后的第二多路光信号的传输光路进行改变，以使得第二多路光信号射入第二增益介质，并且增益后的第二多路光信号射向第一滤波结构，进一步提高了本方案的实用性。

可选地，在一些可能的实施方式中，第一多路光信号沿第一方向传输，光放大装置还包

括反射组件、第一滤波结构和第二滤波结构。第二滤波结构用于将沿第二方向传输的第二多路光信号反射至反射组件，第一多路光信号的波长与第二多路光信号的波长不同，第一方向与第二方向相反。反射组件用于将第二多路光信号反射至第一滤波结构。第一滤波结构用于将第一多路光信号透射至第一增益介质，并将第二多路光信号反射至第一增益介质。第一增益介质还用于根据第一泵浦光对第二多路光信号进行增益，第一泵浦光与第二多路光信号中的每路光信号在第一增益介质中重叠。第二滤波结构还用于沿第一方向透射增益后的第一多路光信号，并将增益后的第二多路光信号反射至反射组件。反射组件还用于将增益后的第二多路光信号反射至第一滤波结构。第一滤波结构还用于反射增益后的第二多路光信号，以使经过第一滤波结构反射的增益后的第二多路光信号沿第二方向传输。

10 在该实施方式中，提供了一种只用一个增益介质对来自两个方向的多路光信号进行增益的实施方式，进一步提高了本方案的扩展性。

可选地，在一些可能的实施方式中，反射组件包括第一反射元件、第二反射元件、第三反射元件和第四反射元件。第二反射元件用于将第二滤波结构反射的第二多路光信号反射至第一反射元件。第一反射元件用于将第二多路光信号反射至第一滤波结构。第三反射元件用于将第二滤波结构反射的增益后的第二多路光信号反射至第四反射元件。第四反射元件用于将增益后的第二多路光信号反射至第一滤波结构。

在该实施方式中，可以通过四个反射元件对第二多路光信号以及增益后的第二多路光信号的传输光路进行改变，以使得第二多路光信号射入第一增益介质，并且增益后的第二多路光信号射向第一滤波结构，进一步提高了本方案的实用性。

20 可选地，在一些可能的实施方式中，第一增益介质的材质与第二增益介质的材质不同，第一增益介质包括掺铒、掺铋或掺镨的块体玻璃，第二增益介质包括掺铒、掺铋或掺镨的块体玻璃。第一光束整形结构包括衍射光学元件 DOE 或透镜组合。光纤的类型包括集束光纤或多芯光纤。

在该实施方式中，提供了多种第一增益介质和第二增益介质的材质，并提供了第一光束整形结构的具体设备实现，还提供了光纤的多种类型，提高了本方案的可实现性。

可选地，在一些可能的实施方式中，第一多路光信号的传输方向可以是光线路终端 (optical line terminal, OLT) 向光网络单元 (Optical Network Unit, ONU) 传输信号的方向，第二多路光信号的传输方向是 ONU 向 OLT 传输信号的方向。又或者，第一多路光信号的传输方向是 ONU 向 OLT 传输信号的方向，第二多路光信号的传输方向是 OLT 向 ONU 传输信号的方向。

在该实施方式中，该光放大装置可以应用于无源光网络 (Passive Optical Network, PON) 场景中，并且上行信号和下行信号都能够通过该光放大装置得到增益。

第二方面，本申请实施例提供了一种通过光放大装置的信号放大方法，光放大装置与光纤相连，光放大装置包括：第一泵浦激光器和第一增益介质；

35 方法包括：通过第一泵浦激光器发射第一泵浦光。通过第一增益介质接收第一泵浦光和来自光纤的第一多路光信号，并根据第一泵浦光对第一多路光信号进行增益，第一泵浦光与第一多路光信号中的每路光信号在第一增益介质中重叠。

可选地，在一些可能的实施方式中，光放大装置还包括第一光束整形结构；

方法还包括：通过第一光束整形结构对第一泵浦光进行整形，并将整形后的第一泵浦光

耦合至第一增益介质，整形后的第一泵浦光与第一多路光信号中的每路光信号在第一增益介质中重叠。

可选地，在一些可能的实施方式中，第一泵浦光射入第一增益介质的方向和第一多路光信号射入第一增益介质的方向相同，光放大装置还包括合波结构；

5 方法还包括：通过合波结构对第一泵浦光和第一多路光信号进行合波得到合波信号，并将合波信号传输至第一增益介质。

可选地，在一些可能的实施方式中，第一泵浦光射入第一增益介质的方向和第一多路光信号射入第一增益介质的方向不同。

可选地，在一些可能的实施方式中，光放大装置还包括隔离器；

10 方法还包括：通过隔离器抑制与第一多路光信号传输方向不同的光信号射入第一增益介质。

可选地，在一些可能的实施方式中，第一多路光信号沿第一方向传输，光放大装置还包括第一滤波结构、第二滤波结构和第二增益介质；

15 方法还包括：通过第一滤波结构将第一多路光信号中的第一光信号透射至第一增益介质，并将第一多路光信号中的第二光信号反射至第二增益介质，第一光信号的波长与第二光信号的波长不同，第一泵浦光与第一光信号在第一增益介质中重叠。通过第一增益介质根据第一泵浦光对第一光信号进行增益。通过第二增益介质接收第一泵浦光，并根据第一泵浦光对第二光信号进行增益，第一泵浦光与第二光信号在第二增益介质中重叠。通过第二滤波结构沿第一方向透射增益后的第一光信号，并反射增益后的第二光信号，以使经过反射的增益后的
20 第二光信号沿第一方向传输。

可选地，在一些可能的实施方式中，第一多路光信号沿第一方向传输，光放大装置还包括第一滤波结构、第二滤波结构、第二增益介质、第二泵浦激光器和第二光束整形结构；

25 方法还包括：通过第二泵浦激光器发射第二泵浦光。通过第二光束整形结构对第二泵浦光进行整形，并将整形后的第二泵浦光耦合至第二增益介质。通过第一滤波结构将第一多路光信号中的第一光信号透射至第一增益介质，并将第一多路光信号中的第二光信号反射至第二增益介质，第一光信号的波长与第二光信号的波长不同，第一泵浦光与第一光信号在第一增益介质中重叠，第二泵浦光与第二光信号在第二增益介质中重叠。通过第一增益介质并根据第一泵浦光对第一光信号进行增益。通过第二增益介质并根据第二泵浦光对第二光信号进行增益。通过第二滤波结构沿第一方向透射增益后的第一光信号，并反射增益后的第二光信号，
30 以使经过反射的增益后的第二光信号沿第一方向传输。

可选地，在一些可能的实施方式中，光放大装置还包括第一反射元件和第二反射元件；

方法还包括：通过第一反射元件将第一滤波结构反射的第二光信号反射至第二增益介质。通过第二反射元件将增益后的第二光信号反射至第二滤波结构。

35 可选地，在一些可能的实施方式中，第一多路光信号沿第一方向传输，光放大装置还包括第一滤波结构、第二滤波结构和第二增益介质；

方法还包括：通过第一滤波结构将第一多路光信号透射至第一增益介质。通过第二滤波结构沿第一方向透射增益后的第一多路光信号，并将沿第二方向传输的第二多路光信号反射至第二增益介质，第一多路光信号的波长与第二多路光信号的波长不同，第一方向与第二方向相反。通过第二增益介质接收第一泵浦光，并根据第一泵浦光对第二多路光信号进行增益，

第一泵浦光与第二多路光信号在第二增益介质中重叠。通过第一滤波结构反射增益后的第二多路光信号，以使经过反射的增益后的第二多路光信号沿第二方向传输。

可选地，在一些可能的实施方式中，第一多路光信号沿第一方向传输，光放大装置还包括第一滤波结构、第二滤波结构、第二泵浦激光器、第二增益介质和第二光束整形结构；

5 方法还包括：通过第一滤波结构将第一多路光信号透射至第一增益介质。通过第二滤波结构沿第一方向透射增益后的第一多路光信号，并将沿第二方向传输的第二多路光信号反射至第二增益介质，第一多路光信号的波长与第二多路光信号的波长不同，第一方向与第二方向相反。通过第二泵浦激光器发射第二泵浦光。通过第二光束整形结构对第二泵浦光进行整形，并将整形后的第二泵浦光耦合至第二增益介质，整形后的第二泵浦光与第二多路光信号
10 中的每路光信号在第二增益介质中重叠。通过第二增益介质并根据第二泵浦光对第二多路光信号进行增益。通过第一滤波结构反射增益后的第二多路光信号，以使经过反射的增益后的第二多路光信号沿第二方向传输。

可选地，在一些可能的实施方式中，光放大装置还包括第一反射元件和第二反射元件；

方法还包括：通过第二反射元件将第二滤波结构反射的第二多路光信号反射至第二增益
15 介质。通过第一反射元件将增益后的第二多路光信号反射至第一滤波结构。

可选地，在一些可能的实施方式中，第一多路光信号沿第一方向传输，光放大装置还包括反射组件、第一滤波结构和第二滤波结构；

方法还包括：通过第二滤波结构将沿第二方向传输的第二多路光信号反射至反射组件，
20 第一多路光信号的波长与第二多路光信号的波长不同，第一方向与第二方向相反。通过反射组件将第二多路光信号反射至第一滤波结构。通过第一滤波结构将第一多路光信号透射至第一增益介质，并将第二多路光信号反射至第一增益介质。通过第一增益介质并根据第一泵浦光对第二多路光信号进行增益，第一泵浦光与第二多路光信号中的每路光信号在第一增益介质中重叠。通过第二滤波结构沿第一方向透射增益后的第一多路光信号，并将增益后的第二多路光信号反射至反射组件。通过反射组件将增益后的第二多路光信号反射至第一滤波结构。
25 通过第一滤波结构反射增益后的第二多路光信号，以使经过第一滤波结构反射的增益后的第二多路光信号沿第二方向传输。

可选地，在一些可能的实施方式中，反射组件包括第一反射元件、第二反射元件、第三反射元件和第四反射元件；

方法还包括：通过第二反射元件将第二滤波结构反射的第二多路光信号反射至第一反射
30 元件。通过第一反射元件将第二多路光信号反射至第一滤波结构。通过第三反射元件将第二滤波结构反射的增益后的第二多路光信号反射至第四反射元件。通过第四反射元件将增益后的第二多路光信号反射至第一滤波结构。

可选地，在一些可能的实施方式中，第一增益介质的材质与第二增益介质的材质不同，
35 第一增益介质包括掺铒、掺铋或掺镨的块体玻璃，第二增益介质包括掺铒、掺铋或掺镨的块体玻璃。具体地，可以是第一增益介质 102 和第二增益介质 111 掺杂的元素集不同，例如，第一增益介质 102 为掺铒的块体玻璃，那么第二增益介质 111 可以为掺铋或掺镨的块体玻璃。或者，可以是第一增益介质 102 和第二增益介质 111 所掺杂的元素之间的百分比不同，例如，第一增益介质 102 的掺铒占比 20%，第二增益介质 111 的掺铒占比 50%。又或者，可以是第一增益介质 102 和第二增益介质 111 的玻璃基底不同，例如，第一增益介质 102 为石英基(二氧化

化硅)的块体玻璃, 第二增益介质 111 为磷基(磷酸盐)的块体玻璃。

第一光束整形结构包括衍射光学元件 DOE 或透镜组合。光纤的类型包括集束光纤或多芯光纤。

5 可选地, 在一些可能的实施方式中, 可选地, 在一些可能的实施方式中, 第一多路光信号的传输方向可以是 OLT 向 ONU 传输信号的方向, 第二多路光信号的传输方向是 ONU 向 OLT 传输信号的方向。又或者, 第一多路光信号的传输方向是 ONU 向 OLT 传输信号的方向, 第二多路光信号的传输方向是 OLT 向 ONU 传输信号的方向。

从以上技术方案可以看出, 本申请实施例具有以下优点:

10 本申请实施例中, 第一增益介质可以接收到第一泵浦激光器发射的第一泵浦光和来自光纤的第一多路光信号, 并且该第一泵浦光与第一多路光信号中的每路光信号在第一增益介质中重叠。因此, 第一增益介质可以根据第一泵浦光对第一多路光信号中的每路光信号进行增益。由此可以看出, 本申请的光放大装置可以实现对多路光信号的放大, 而无需设置多个光放大装置分别对每路光信号进行放大, 节约成本。

15 附图说明

图 1 为一种 PON 的网络结构示意图;

图 2 为 OLT 与网络连接的示意图;

图 3 为本申请实施例提供的第一种光放大装置的结构示意图;

图 4 (a) 为一种泵浦光与光信号重叠的示意图;

20 图 4 (b) 为另一种泵浦光与光信号重叠的示意图;

图 5 (a) 为一种实现泵浦光射入增益介质的示意图;

图 5 (b) 为另一种实现泵浦光射入增益介质的示意图;

图 6 为本申请实施例提供的第二种光放大装置的结构示意图;

图 7 为本申请实施例提供的第三种光放大装置的结构示意图;

25 图 8 为本申请实施例提供的第四种光放大装置的结构示意图;

图 9 为本申请实施例提供的第五种光放大装置的结构示意图;

图 10 为本申请实施例提供的通过光放大装置的信号放大方法的实施例示意图。

具体实施方式

30 本申请实施例提供了一种光放大装置以及通过光放大装置的信号放大方法, 无需设置多个光放大装置分别对每路光信号进行放大, 节约了实现成本。本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”、“第三”、“第四”等(如果存在)是用于区别类似的对象, 而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换, 以便这里描述的实施例能够以除了在这里图示或描述的内容以外的顺序实施。

35 此外, 术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形, 意图在于覆盖不排他的包含, 例如, 包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元, 而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

本申请主要可以应用于无源光网络(Passive Optical Network, PON)中。无源光网络

是指在光线路终端 (optical line terminal, OLT) 和光网络单元 (Optical Network Unit, ONU) 之间是光纤分布网络 (Optical distribution network, ODN), 没有任何有源电子设备。

图 1 为一种 PON 的网络结构示意图。OLT 用来为光接入网 (optical access network, OAN) 提供网络侧接口, OLT 连接上层的网络侧设备 (如交换机、路由器等), 下层连接一个或者多个 ODN。ONU 为 OAN 提供用户侧接口, 同时与 ODN 相连。ODN 包括用于光功率分配的无源光分光器、连接在无源光分光器和 OLT 之间的主干光纤, 以及连接在无源光分光器和 ONU 之间的分支光纤。下行传输数据时, ODN 将 OLT 下行的数据通过分光器传输到各个 ONU。同样的, 上行传输数据时, ODN 将 ONU 的上行数据汇聚后传输到 OLT。

本申请实施例的技术方案可以应用于各种 PON 系统之间的兼容。例如, PON 系统包括:
下一代 PON (next-generation PON, NG-PON)、NG-PON1、NG-PON2、千兆比特 PON (gigabit-capable PON, GPON)、10 吉比特每秒 PON (10 gigabit per second PON, XG-PON)、对称 10 吉比特无源光网络 (10-gigabit-capable symmetric passive optical network, XGS-PON)、以太网 PON (Ethernet PON, EPON)、10 吉比特每秒 EPON (10 gigabit per second EPON, 10G-EPON)、下一代 EPON (next-generation EPON, NG-EPON)、波分复用 (wavelength-division multiplexing, WDM) PON、时分波分堆叠复用 (time- and wavelength-division multiplexing, TWDM) PON、点对点 (point-to-point, P2P) WDM PON (P2P-WDM PON)、异步传输模式 PON (asynchronous transfer mode PON, APON)、宽带 PON (broadband PON, BPON), 等等, 以及 25 吉比特每秒 PON (25 gigabit per second PON, 25G-PON)、50 吉比特每秒 PON (50 gigabit per second PON, 50G-PON)、100 吉比特每秒 PON (100 gigabit per second PON, 100G-PON)、25 吉比特每秒 EPON (25 gigabit per second EPON, 25G-EPON)、50 吉比特每秒 EPON (50 gigabit per second EPON, 50G-EPON)、100 吉比特每秒 EPON (100 gigabit per second EPON, 100G-EPON), 以及其他速率的 GPON、EPON 等。

在 PON 中, 一直存在光功率损耗比较严重的问题, 当前靠使用较为昂贵的功率等级更高的光模块来解决。然而, 随着后续 PON 速率的进一步提升, 引入光放大装置将是一个选择。

图 2 为 OLT 与网络连接的示意图。OLT 可以包括多个业务接口板, 业务接口板可以通过光纤与光放接口板上一侧的光接口相连, 光放接口板上另一侧的光接口与光纤配线架 (optical distribution frame) 上一侧的端口相连, ODF 另一侧的端口连接到 ODN 的外场光纤上。本申请中的光放大装置可以设置于光放接口板两侧的光接口之间。

图 3 为本申请实施例提供的第一种光放大装置的结构示意图。合路器 40 可以将来自业务接口板的多根光纤合束到集束光纤 20 中。其中, 集束光纤可以理解为包括多根纤芯的光纤, 每根纤芯对应一路光信号。集束光纤 20 的另一端连接透镜阵列 30, 该透镜阵列 30 可以对集束光纤 20 中的每路光信号进行光束准直, 进而, 耦合到空间中形成第一多路光信号。该第一多路光信号将传输至光放大装置 10。

可选的, 在某些应用场景中也可以不设置合路器 40, 即业务接口板直接与集束光纤相连。另外, 也可以采用其他类型的多芯光纤来代替集束光纤 20, 例如带状光纤等, 具体此处不做限定。

可选的, 透镜阵列 30 可以是采用微机电系统 (Microelectromechanical Systems, MEMS) 的微镜阵列或者光纤准直器阵列等, 具体此处不做限定。

下面对光放大装置 10 的结构进行进一步介绍。

该光放大装置 10 包括：第一泵浦激光器 101 以及第一增益介质 102。其中，第一泵浦激光器 101 发射第一泵浦光。第一增益介质 102 接收第一泵浦光和来自集束光纤 20 的第一多路光信号，并根据第一泵浦光对第一多路光信号进行增益。具体的，第一泵浦光可以激发第一增益介质 102 的粒子数反转，从而为第一多路光信号提供增益。第一增益介质 102 可以为掺铒块体玻璃，除此之外，第一增益介质 102 也可以为掺其他稀土元素的块体玻璃，例如，第一增益介质还可以是掺铋或掺镨的块体玻璃，具体此处不做限定。

需要说明的是，为了使第一多路光信号中的每路光信号都获得增益，该第一泵浦光需要与第一多路光信号中的每路光信号在第一增益介质 102 中重叠。也就是说，第一泵浦光的光束与每路光信号的光束在第一增益介质 102 中都有交会，具体地，不论是第一泵浦光与每路光信号重合还是第一泵浦光与每路光信号交叉都可以理解为第一泵浦光与每路光信号在第一增益介质 102 中重叠。

可选的，该光放大装置 10 还包括第一光束整形结构 103，第一光束整形结构 103 用于对第一泵浦光进行整形，并将整形后的第一泵浦光耦合至第一增益介质 102。通过该第一光束整形结构 103 整形后的第一泵浦光可以更好地与每路光信号产生重叠。

可选的，第一光束整形结构可以包括衍射光学元件(Diffractive optical element, DOE)或透镜组合等。

图 4 (a) 为一种泵浦光与光信号重叠的示意图。可以看出，泵浦光斑为椭圆形的高斯光斑。通常情况下，采用球面透镜组合对第一泵浦光进行整形即可得到如图 4 (a) 所示的泵浦光斑。其中，由于该椭圆形泵浦光斑的能量并不是平均分布，每个信号光斑的泵浦能量会有差异。

图 4 (b) 为另一种泵浦光与光信号重叠的示意图。可以看出，泵浦光斑为泵浦能量平均分布的矩形光斑，这样每个信号光斑的泵浦能量近似一致。其中，相对于图 4 (a) 所示的泵浦光斑，得到图 4 (b) 所示的泵浦光斑需要经过更为复杂的光束整形。

可选的，第一泵浦光射入第一增益介质 102 的方向和第一多路光信号射入第一增益介质 102 的方向可以相同也可以不同，下面对多种实现方式分别进行说明。

第一种实现方式：

如图 3 所示，光放大装置 10 还可以包括第一合波结构 104。第一合波结构 104 用于对整形后的第一泵浦光和第一多路光信号进行合波，合波后的第一泵浦光和第一多路光信号从第一增益介质 102 的同侧射入。其中，第一合波结构 104 具体可以是波分复用器(亦称合波器)，用于将两种或多种不同波长的光载波信号(携带各种信息)汇合在一起。

第二种实现方式：

图 5 (a) 为一种实现泵浦光射入增益介质的示意图。其中，光放大装置 10 还可以包括反射结构 106。反射结构 106 用于将整形后的第一泵浦光反射至第一增益介质 102。可以看出，第一多路光信号是从第一增益介质 102 的左侧射入，而第一泵浦光是从第一增益介质 102 的右侧射入。

第三种实现方式：

图 5 (b) 为另一种实现泵浦光射入增益介质的示意图。可以看出，第一多路光信号是从第一增益介质 102 的左侧射入，而第一泵浦光是从第一增益介质 102 的下侧射入。

需要说明的是，第一泵浦激光器 101 的数量可以是一个也可以是多个。假设有多个泵浦激光器，例如，泵浦激光器 A 和泵浦激光器 B。其中，泵浦激光器 A 和泵浦激光器 B 可以先通过光纤合路，进而合路后的泵浦光在经过第一光束整形结构 103 的整形后射入第一增益介质 102。另外，泵浦激光器 A 发射的泵浦光可以经过光束整形结构 A 的整形后射入第一增益介质 102，而泵浦激光器 B 发射的泵浦光可以经过光束整形结构 B 的整形后射入第一增益介质 102。并且，泵浦激光器 A 和泵浦激光器 B 所发射的泵浦光可以从第一增益介质 102 的同侧射入，也可以从第一增益介质 102 的不同侧射入，具体此处不做限定。

可选的，光放大装置 10 还可以包括第一隔离器 (Isolator, ISO) 105。第一隔离器 105 是允许光向一个方向通过而阻止向相反方向通过的无源器件，作用是对光的方向进行限制，使光只能单方向传输，通过光纤回波反射的光能够被很好的隔离。也就是说，该第一隔离器 105 可以抑制第一多路光信号回波反射的光或者噪声射入所述第一增益介质，从而限制第一多路光信号的传输方向，避免第一多路光信号在放大过程中来回反射影响性能。具体地，可以在第一增益介质 102 的两侧都设置第一隔离器 105，提高隔离效果。

本申请实施例中，第一增益介质可以接收到第一泵浦激光器发射的第一泵浦光和来自光纤的第一多路光信号，并且该第一泵浦光与第一多路光信号中的每路光信号在第一增益介质中重叠。因此，第一增益介质可以根据第一泵浦光对第一多路光信号中的每路光信号进行增益。由此可以看出，本申请的光放大装置可以实现对多路光信号的放大，而无需设置多个光放大装置分别对每路光信号进行放大，节约成本。

需要说明的是，第一多路光信号可以是多波长信号。本申请中的光放大装置 10 还可以对该多波长信号划分波带，并对不同波带的光信号分别进行增益。下面进行进一步说明。

图 6 为本申请实施例提供的第二种光放大装置的结构示意图。

区别于图 3 所示的光放大装置，光放大装置 10 还可以包括第一滤波结构 107、第二滤波结构 108、第二泵浦激光器 109、第二光束整形结构 110、第二增益介质 111、第一反射元件 112、第二反射元件 113、第二合波结构 114 以及第二隔离器 115。

具体的，第一滤波结构 107 透射第一多路光信号中的第一光信号并反射第一多路光信号中的第二光信号，实现了对第一多路光信号的分波。其中，第一光信号的波长和第二光信号的波长不同。第一合波结构 104 可以对第一泵浦光和第一光信号进行合波，并将合波后的信号传输至第一增益介质 102。第一增益介质根据第一泵浦光对第一光信号进行增益。

反射元件 112 将第二光信号反射至第二合波结构 114。第二泵浦激光器生成第二泵浦光。第二光束整形结构对第二泵浦光进行整形。第二合波结构 114 对第二光信号和第二泵浦光进行合波，并将合波后的信号传输至第二增益介质 111，即第二泵浦光与经过反射元件 112 反射的第二光信号在第二增益介质 111 中重叠。第二增益介质 111 根据第二泵浦光对第二光信号进行增益。反射元件 113 将增益后的第二信号反射至第二滤波结构 108。

第二滤波结构 108 透射第一光信号并反射第二光信号，实现了对第一光信号和第二光信号的合波。其中，第一光信号和第二光信号的光路走向如图 6 中的虚线所示。第一隔离器 105 用于限制第一光信号的传输方向。第二隔离器 115 用于限制第二光信号的传输方向。

可选的，在某些应用场景中，也可以仅通过第一泵浦激光器 101 为第一增益介质 102 和第二增益介质 111 提供泵浦光，下面结合附图进行介绍。

图 7 为本申请实施例提供的第三种光放大装置的结构示意图。与图 6 所示的光放大装置

的不同之处在于，第一泵浦激光器 101 发射的第一泵浦光经过分束元件 116 后分成了两束泵浦光，其中一束泵浦光经过第一光束整形结构 103 的整形后与第一光信号合波。另一束泵浦光先后经过反射元件 117、反射元件 118 和反射元件 119 的反射后射入第二光束整形结构 110，进而经过第二光束整形结构 110 的整形后与第二光信号合波。

5 可选的，第二增益介质 111 与第一增益介质 102 类似，也可以为掺铒、掺铋或掺镨等掺稀土元素的块体玻璃。不过第一增益介质 102 和第二增益介质 111 的材质不同，以实现对不同波长的光信号分别进行增益。具体地，可以是第一增益介质 102 和第二增益介质 111 掺杂的元素集不同，例如，第一增益介质 102 为掺铒的块体玻璃，那么第二增益介质 111 可以为掺铋或掺镨的块体玻璃。或者，可以是第一增益介质 102 和第二增益介质 111 所掺杂的元素之间的百分比不同，例如，第一增益介质 102 的掺铒占比 20%，第二增益介质 111 的掺铒占比 50%。又或者，可以是第一增益介质 102 和第二增益介质 111 的玻璃基底不同，例如，第一增益介质 102 为石英基(二氧化硅)的块体玻璃，第二增益介质 111 为磷基(磷酸盐)的块体玻璃。

需要说明的是，在一些应用场景中，一根光纤内可以有两个方向的光信号同时传输（简称为单纤双向）。即从 OLT 向 ONU 传输的光信号占用第一波带的波长，从 ONU 向 OLT 传输的光信号占用第二波带的波长。例如，在 PON 场景中，第一波带可以为包含 1490nm 和 1577nm 波长的波带，第二波带可以为包含 1270nm 和 1310nm 波长的波带。在城域波分应用中，第一波带可以是 C 波带，第二波带可以是 L 波带，或者，第一波带包含 C 波带的一部分波长，第二波带包含与第一波带不同的 C 波带的另一部分波长。

20 下面对本申请应用在上述单纤双向场景下的光放大装置的多种可能的结构分别进行介绍。其中，为便于描述，以第一多路光信号表示 OLT 向 ONU 传输的光信号，以第二多路光信号表示 ONU 向 OLT 传输的光信号。以第一方向表示 OLT 向 ONU 传输的方向，以第二方向表示 ONU 向 OLT 传输的方向。

图 8 为本申请实施例提供的第四种光放大装置的结构示意图。与图 6 所示的光放大装置在结构上类似，主要区别在于光信号传输方向的不同，下面进一步进行说明。

第一滤波结构 107 沿第一方向透射第一多路光信号。第一合波结构 104 对第一多路光信号和整形后的第一泵浦光进行合波，并将合波后的信号传输至第一增益介质 102。第一增益介质 102 根据第一泵浦光对第一多路光信号进行增益。第二滤波结构 108 沿第一方向透射增益后的第一多路光信号。

30 第二滤波结构 108 将第二多路光信号反射至第二反射元件 113。反射元件 113 将第二多路光信号反射至第二合波结构 114。第二合波结构 114 对整形后的第二泵浦光和第二多路光信号进行合波，并将合波后的信号传输至第二增益介质 111。第二增益介质 111 根据第二泵浦光对第二多路光信号进行增益。反射元件 112 将增益后的第二多路光信号反射至第一滤波结构 107。第一滤波结构 107 反射增益后的第二多路光信号，使其继续沿第二方向传输。第一隔离器 105 用于限制第一多路光信号的传输方向。第二隔离器 115 用于限制第二多路光信号的传输方向。具体的，第一多路光信号的第二多路光信号的光路走向如图 8 中的虚线所示。

35 具体的，该光放大装置 10 的两侧都连接有光纤，第一多路光信号来自于其中一侧的光纤，那么第二多路光信号应来自于另一侧的光纤。以 PON 场景为例，该第一多路光信号可以是 OLT 向 ONU 传输的下行光信号，第二多路光信号就是 ONU 向 OLT 传输的上行光信号。

可选的，该单纤双向场景中的光放大装置也可以采用类似图 7 所示的结构，即可以仅通过第一泵浦激光器 101 为第一增益介质 102 和第二增益介质 111 提供泵浦光，具体此处不再赘述。

图 9 为本申请实施例提供的第五种光放大装置的结构示意图。与图 8 所示的光放大装置的主要区别在于，第一多路光信号和第二多路光信号都通过第一增益介质 102 进行增益，下面进一步进行说明。

第一滤波结构 107 沿第一方向透射第一多路光信号。第一合波结构 104 对第一多路光信号和整形后的第一泵浦光进行合波，并将合波后的信号传输至第一增益介质 102。第一增益介质 102 根据第一泵浦光对第一多路光信号进行增益。第二滤波结构 108 沿第一方向透射增益后的第一多路光信号。

第二滤波结构 108 将第二多路光信号反射至反射元件 113。反射元件 113 将第二多路光信号反射至反射元件 112。反射元件 112 将第二多路光信号反射至第一滤波结构 107。第一滤波结构 107 将第二多路光信号反射至第一合波结构 104。第一合波结构 104 对第二多路光信号和整形后的第一泵浦光进行合波，并将合波后的信号传输至第一增益介质 102。第一增益介质 102 根据第一泵浦光对第二多路光信号进行增益。第二滤波结构 108 将增益后的第二多路光信号反射至反射元件 120。反射元件 120 将增益后的第二多路光信号反射至反射元件 121。反射元件 121 将增益后的第二多路光信号反射至第一滤波结构 107。第一滤波结构 107 反射增益后的第二多路光信号，使其继续沿第二方向传输。具体的，第一多路光信号的第二多路光信号的光路走向如图 9 中的虚线所示。

下面请参阅图 10，图 10 所示的实施例提供了一种通过光放大装置的信号放大方法。在该示例中，信号放大方法包括如下步骤。

需要说明的是，本实施例中的光放大装置具体可以是如上述图 3 和图 5 (a) 至图 9 所示任一实施例中的光放大装置。为了简化描述，下面的说明以图 3 为例。

1001、通过第一泵浦激光器发射第一泵浦光。

1002、通过第一增益介质接收第一泵浦光和来自光纤的第一多路光信号，并根据第一泵浦光对第一多路光信号进行增益。

本实施例中，为了使第一多路光信号中的每路光信号都获得增益，第一泵浦光与第一多路光信号中的每路光信号在第一增益介质中重叠。具体的，第一泵浦光可以激发第一增益介质 102 的粒子数反转，从而为第一多路光信号提供增益。

可选的，还可以通过第一光束整形结构对第一泵浦光进行整形，并将整形后的第一泵浦光耦合至第一增益介质。整形后的泵浦光与每路光信号的重叠效果更好。

可选的，还可以通过第一合波结构对整形后的第一泵浦光和第一多路光信号进行合波，合波后的第一泵浦光和第一多路光信号从第一增益介质的同侧射入。另外，第一泵浦光和第一多路光信号也可以分别从第一增益介质的不同侧射入，具体请参阅图 5 (a) 和图 5 (b) 所示实施例的相关描述，此处不再赘述。

可选的，还可以通过第一隔离器抑制第一多路光信号回波反射的光或噪声射入第一增益介质，从而限制第一多路光信号的传输方向，避免第一多路光信号在放大过程中来回反射影响性能。

需要说明的是，除了上述介绍的采用图 3 所示的光放大装置的信号放大方法外，其他基

于图 5 (a) 至图 9 所示实施例中光放大装置的信号放大方法可以参阅图 5 (a) 至图 9 所示实施例部分的相关描述，具体此处不做赘述。

需要说明的是，以上实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制。尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的精神和范围。

权 利 要 求

1、一种光放大装置，其特征在于，所述光放大装置与光纤相连，所述光放大装置包括：第一泵浦激光器和第一增益介质；

5 所述第一泵浦激光器用于发射第一泵浦光；

所述第一增益介质用于接收所述第一泵浦光和来自所述光纤的第一多路光信号，并根据所述第一泵浦光对所述第一多路光信号进行增益，所述第一泵浦光与所述第一多路光信号中的每路光信号在所述第一增益介质中重叠。

10 2、根据权利要求1所述的光放大装置，其特征在于，所述光放大装置还包括第一光束整形结构；

所述第一光束整形结构用于对所述第一泵浦光进行整形，并将整形后的第一泵浦光耦合至所述第一增益介质，整形后的第一泵浦光与所述第一多路光信号中的每路光信号在所述第一增益介质中重叠。

15 3、根据权利要求1或2所述的光放大装置，其特征在于，所述第一泵浦光射入所述第一增益介质的方向和所述第一多路光信号射入所述第一增益介质的方向相同，所述光放大装置还包括合波结构；

所述合波结构用于对所述第一泵浦光和所述第一多路光信号进行合波得到合波信号，并将所述合波信号传输至所述第一增益介质。

20 4、根据权利要求1或2所述的光放大装置，其特征在于，所述第一泵浦光射入所述第一增益介质的方向和所述第一多路光信号射入所述第一增益介质的方向不同。

5、根据权利要求1至4中任一项所述的光放大装置，其特征在于，所述光放大装置还包括隔离器；

所述隔离器用于抑制所述第一多路光信号回波反射的光射入所述第一增益介质。

25 6、根据权利要求1至5中任一项所述的光放大装置，其特征在于，所述第一多路光信号沿第一方向传输，所述光放大装置还包括第一滤波结构、第二滤波结构和第二增益介质；

所述第一滤波结构用于将所述第一多路光信号中的第一光信号透射至所述第一增益介质，并将所述第一多路光信号中的第二光信号反射至所述第二增益介质，所述第一光信号的波长与所述第二光信号的波长不同，所述第一泵浦光与所述第一光信号在所述第一增益介质中重叠；

30 所述第一增益介质用于根据所述第一泵浦光对所述第一光信号进行增益；

所述第二增益介质用于接收所述第一泵浦光，并根据所述第一泵浦光对所述第二光信号进行增益，所述第一泵浦光与所述第二光信号在所述第二增益介质中重叠；

所述第二滤波结构用于沿所述第一方向透射增益后的第一光信号，并反射增益后的第二光信号，以使经过反射的所述增益后的第二光信号沿所述第一方向传输。

35 7、根据权利要求1至5中任一项所述的光放大装置，其特征在于，所述第一多路光信号沿第一方向传输，所述光放大装置还包括第一滤波结构、第二滤波结构、第二增益介质、第二泵浦激光器和第二光束整形结构；

所述第二泵浦激光器用于发射第二泵浦光；

所述第二光束整形结构用于对所述第二泵浦光进行整形，并将整形后的第二泵浦光耦合

至所述第二增益介质；

所述第一滤波结构用于将所述第一多路光信号中的第一光信号透射至所述第一增益介质，并将所述第一多路光信号中的第二光信号反射至所述第二增益介质，所述第一光信号的波长与所述第二光信号的波长不同，所述第一泵浦光与所述第一光信号在所述第一增益介质中重叠，所述第二泵浦光与所述第二光信号在所述第二增益介质中重叠；

所述第一增益介质用于根据所述第一泵浦光对所述第一光信号进行增益；

所述第二增益介质用于根据所述第二泵浦光对所述第二光信号进行增益；

所述第二滤波结构用于沿所述第一方向透射增益后的第一光信号，并反射增益后的第二光信号，以使经过反射的所述增益后的第二光信号沿所述第一方向传输。

8、根据权利要求6或7所述的光放大装置，其特征在于，所述光放大装置还包括第一反射元件和第二反射元件；

所述第一反射元件用于将所述第一滤波结构反射的所述第二光信号反射至所述第二增益介质；

所述第二反射元件用于将所述增益后的第二光信号反射至所述第二滤波结构。

9、根据权利要求1至5中任一项所述的光放大装置，其特征在于，所述第一多路光信号沿第一方向传输，所述光放大装置还包括第一滤波结构、第二滤波结构和第二增益介质；

所述第一滤波结构用于将所述第一多路光信号透射至所述第一增益介质；

所述第二滤波结构用于沿所述第一方向透射增益后的第一多路光信号，并将沿第二方向传输的第二多路光信号反射至所述第二增益介质，所述第一多路光信号的波长与所述第二多路光信号的波长不同，所述第一方向与所述第二方向相反；

所述第二增益介质用于接收所述第一泵浦光，并根据所述第一泵浦光对所述第二多路光信号进行增益，所述第一泵浦光与所述第二多路光信号在所述第二增益介质中重叠；

所述第一滤波结构还用于反射增益后的第二多路光信号，以使经过反射的所述增益后的第二多路光信号沿所述第二方向传输。

10、根据权利要求1至5中任一项所述的光放大装置，其特征在于，所述第一多路光信号沿第一方向传输，所述光放大装置还包括第一滤波结构、第二滤波结构、第二泵浦激光器、第二增益介质和第二光束整形结构；

所述第一滤波结构用于将所述第一多路光信号透射至所述第一增益介质；

所述第二滤波结构用于沿所述第一方向透射增益后的第一多路光信号，并将沿第二方向传输的第二多路光信号反射至所述第二增益介质，所述第一多路光信号的波长与所述第二多路光信号的波长不同，所述第一方向与所述第二方向相反；

所述第二泵浦激光器用于发射第二泵浦光；

所述第二光束整形结构用于对所述第二泵浦光进行整形，并将整形后的第二泵浦光耦合至所述第二增益介质，所述整形后的第二泵浦光与所述第二多路光信号中的每路光信号在所述第二增益介质中重叠；

所述第二增益介质用于根据所述第二泵浦光对所述第二多路光信号进行增益；

所述第一滤波结构还用于反射增益后的第二多路光信号，以使经过反射的所述增益后的第二多路光信号沿所述第二方向传输。

11、根据权利要求9或10所述的光放大装置，其特征在于，所述光放大装置还包括第一

反射元件和第二反射元件；

所述第二反射元件用于将所述第二滤波结构反射的所述第二多路光信号反射至所述第二增益介质；

所述第一反射元件用于将所述增益后的第二多路光信号反射至所述第一滤波结构。

5 12、根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的光放大装置，其特征在于，所述第一多路光信号沿第一方向传输，所述光放大装置还包括反射组件、第一滤波结构和第二滤波结构；

所述第二滤波结构用于将沿第二方向传输的第二多路光信号反射至所述反射组件，所述第一多路光信号的波长与所述第二多路光信号的波长不同，所述第一方向与所述第二方向相反；

10 所述反射组件用于将所述第二多路光信号反射至所述第一滤波结构；

所述第一滤波结构用于将所述第一多路光信号透射至所述第一增益介质，并将所述第二多路光信号反射至所述第一增益介质；

所述第一增益介质还用于根据所述第一泵浦光对所述第二多路光信号进行增益，所述第一泵浦光与所述第二多路光信号中的每路光信号在所述第一增益介质中重叠；

15 所述第二滤波结构还用于沿所述第一方向透射增益后的第一多路光信号，并将增益后的第二多路光信号反射至所述反射组件；

所述反射组件还用于将所述增益后的第二多路光信号反射至所述第一滤波结构；

所述第一滤波结构还用于反射所述增益后的第二多路光信号，以使经过所述第一滤波结构反射的所述增益后的第二多路光信号沿所述第二方向传输。

20 13、根据权利要求 12 所述的光放大装置，其特征在于，所述反射组件包括第一反射元件、第二反射元件、第三反射元件和第四反射元件；

所述第二反射元件用于将所述第二滤波结构反射的所述第二多路光信号反射至所述第一反射元件；

所述第一反射元件用于将所述第二多路光信号反射至所述第一滤波结构；

25 所述第三反射元件用于将所述第二滤波结构反射的所述增益后的第二多路光信号反射至所述第四反射元件；

所述第四反射元件用于将所述增益后的第二多路光信号反射至所述第一滤波结构。

30 14、根据权利要求 6 至 8 中任一项所述的光放大装置，其特征在于，所述第一增益介质的材质与所述第二增益介质的材质不同，所述第一增益介质包括掺铒、掺铋或掺镨的块体玻璃，所述第二增益介质包括掺铒、掺铋或掺镨的块体玻璃；

所述第一光束整形结构包括衍射光学元件 DOE 或透镜组合；

所述光纤的类型包括集束光纤或多芯光纤。

35 15、根据权利要求 9 至 13 中任一项所述的光放大装置，其特征在于，所述第一方向为光线路终端 OLT 向光网络单元 ONU 向传输信号的方向，所述第二方向为所述 ONU 向所述 OLT 传输信号的方向，

或，

所述第一方向为所述 ONU 向所述 OLT 传输信号的方向，所述第二方向为所述 OLT 向所述 ONU 传输信号的方向。

16、一种通过光放大装置的信号放大方法，其特征在于，所述光放大装置与光纤相连，

所述光放大装置包括：泵浦激光器、增益介质和光束整形结构；所述方法包括：

通过所述泵浦激光器发射第一泵浦光；

通过所述光束整形结构对所述泵浦光进行整形，并将所述整形后的泵浦光耦合至所述增益介质；

- 5 通过所述增益介质接收来自所述光纤的多路光信号，并根据所述整形后的泵浦光对所述多路光信号进行增益，所述整形后的泵浦光与所述多路光信号中的每路光信号在所述增益介质中重叠。

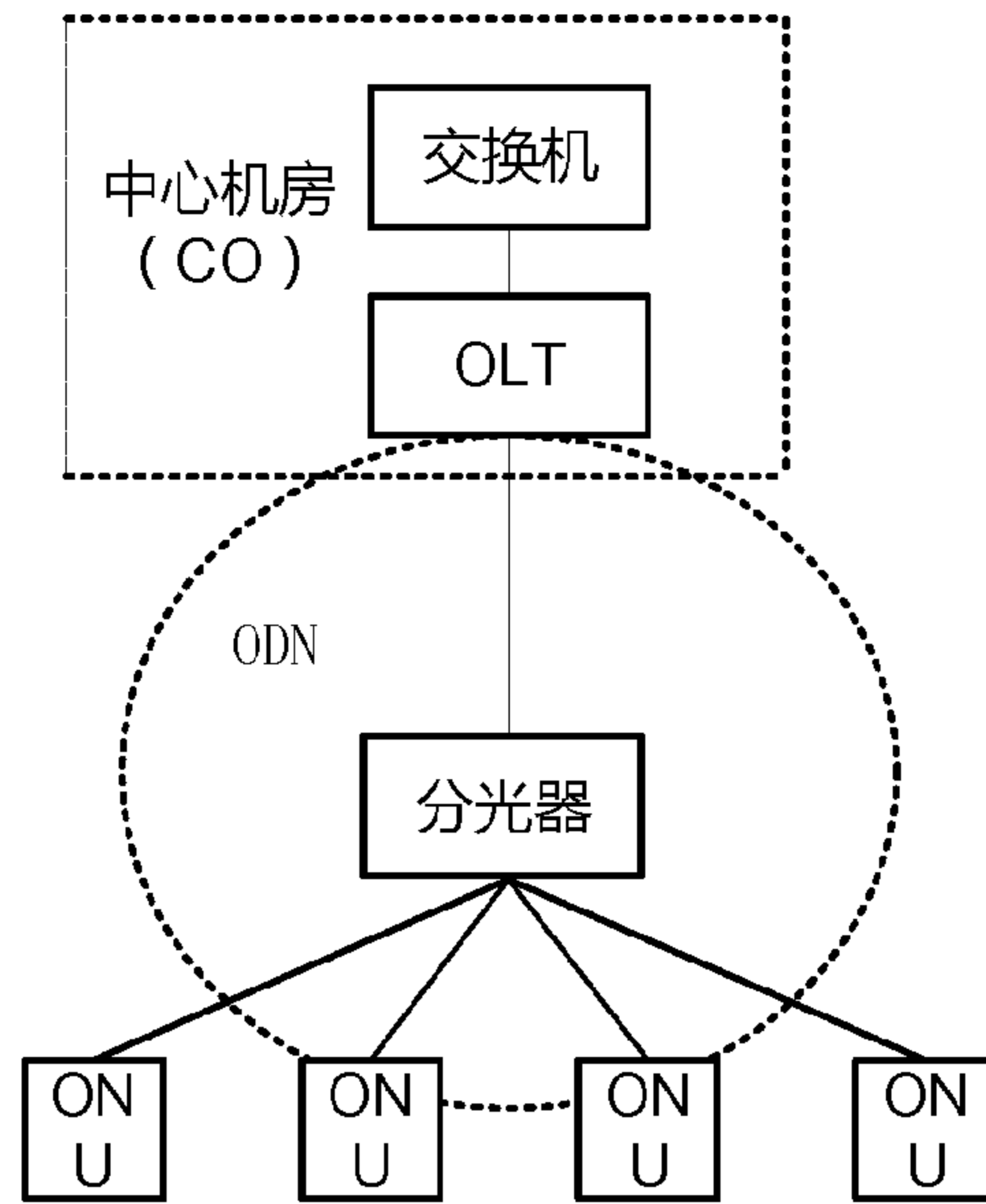


图 1

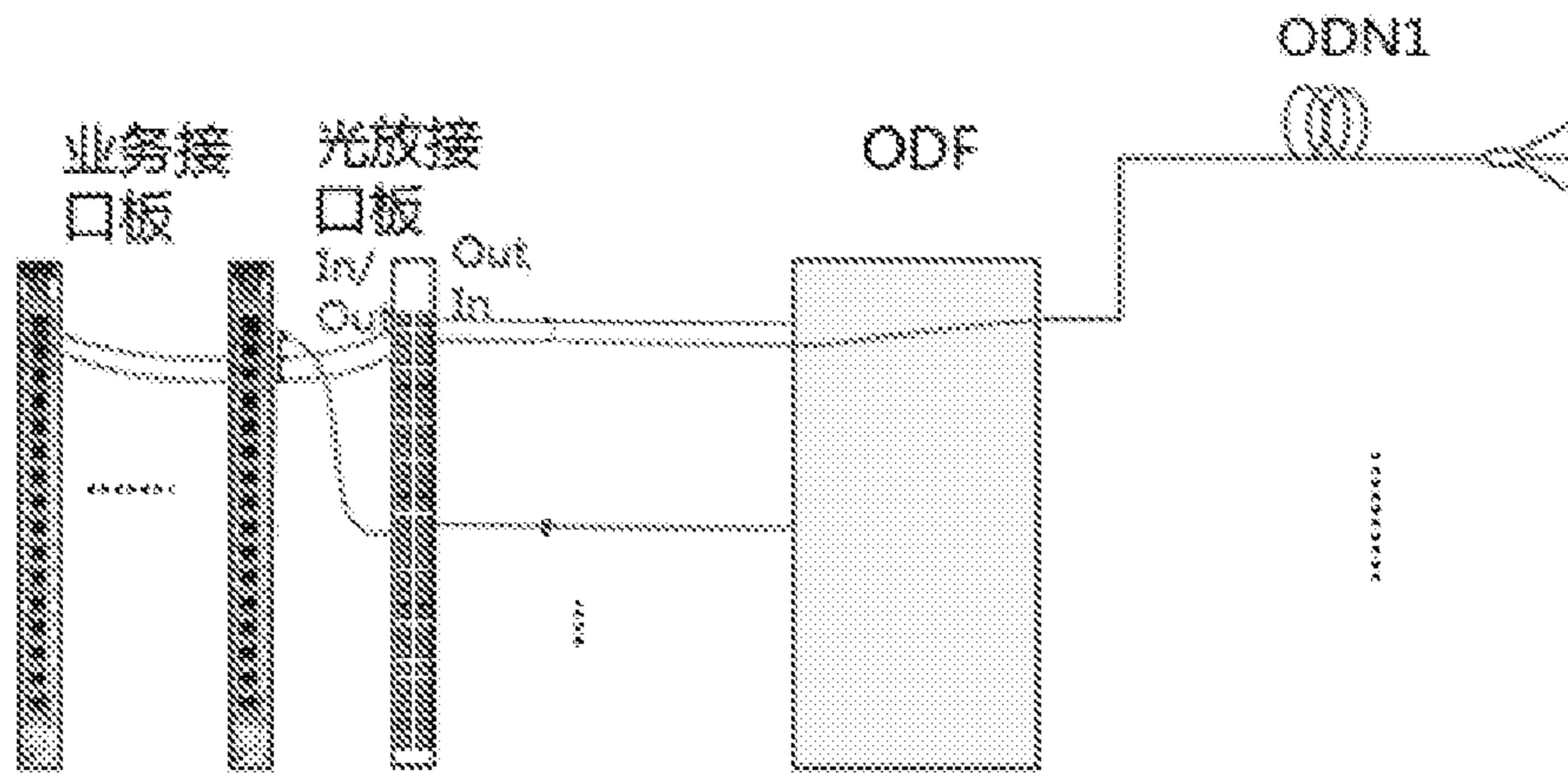


图 2

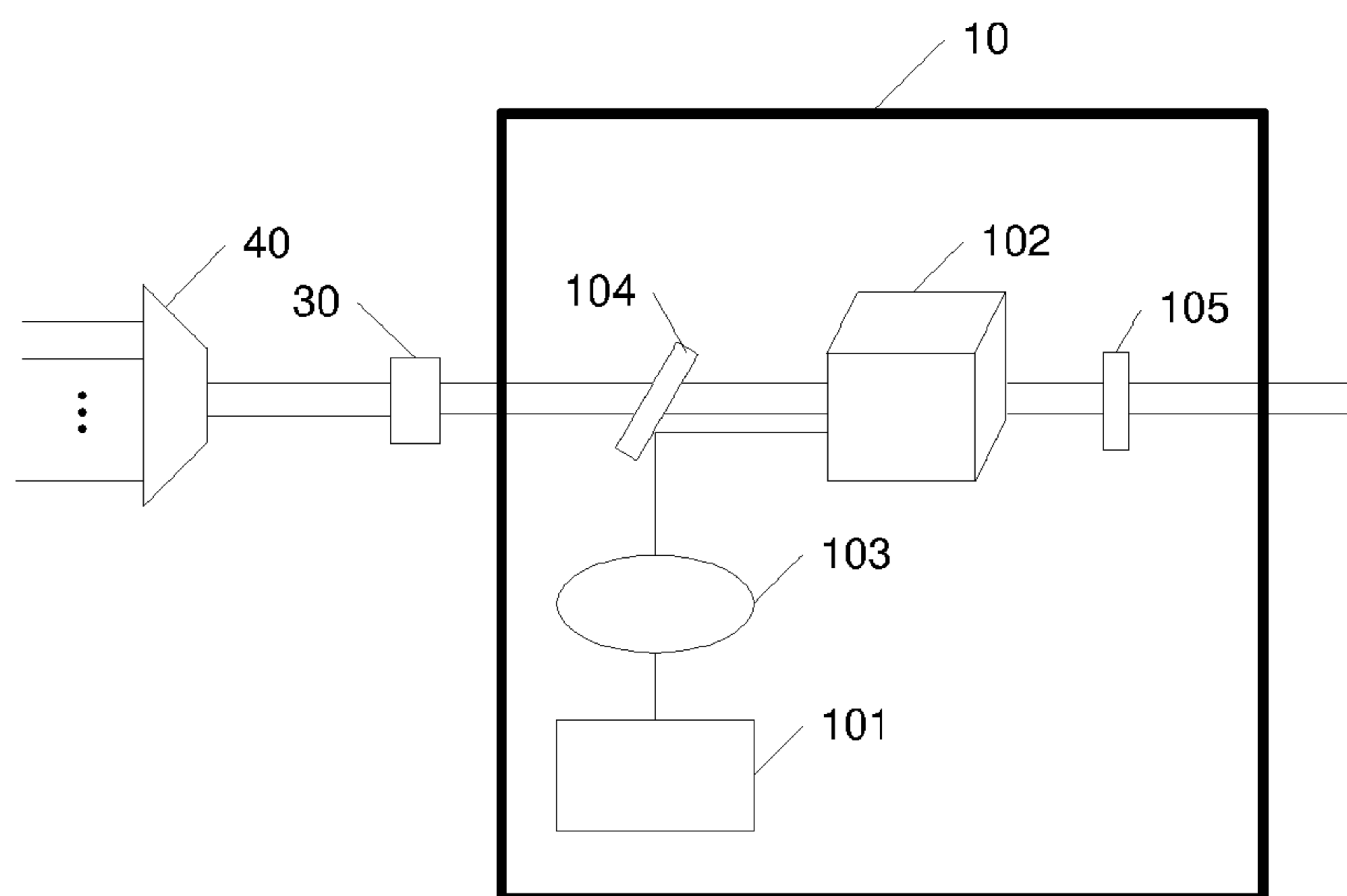


图 3

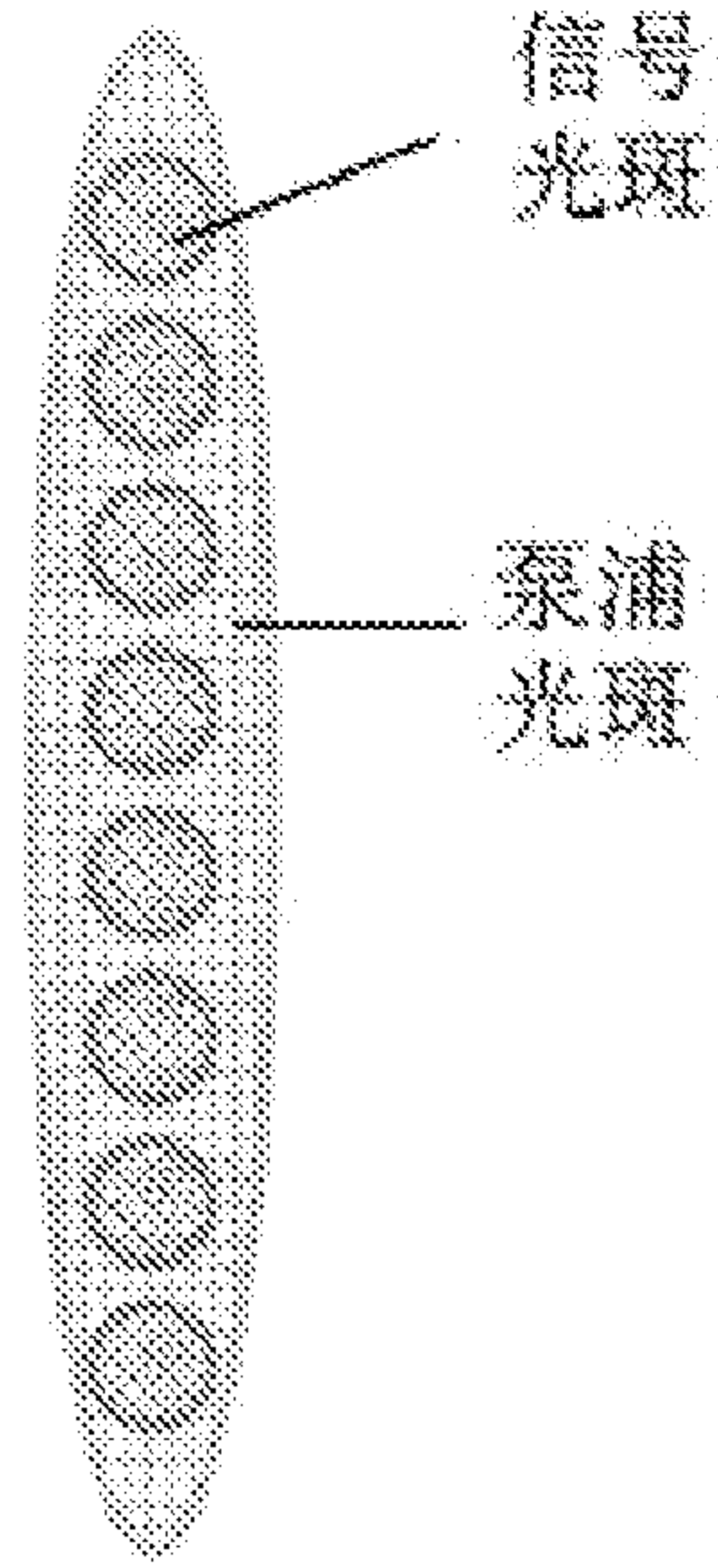


图 4 (a)

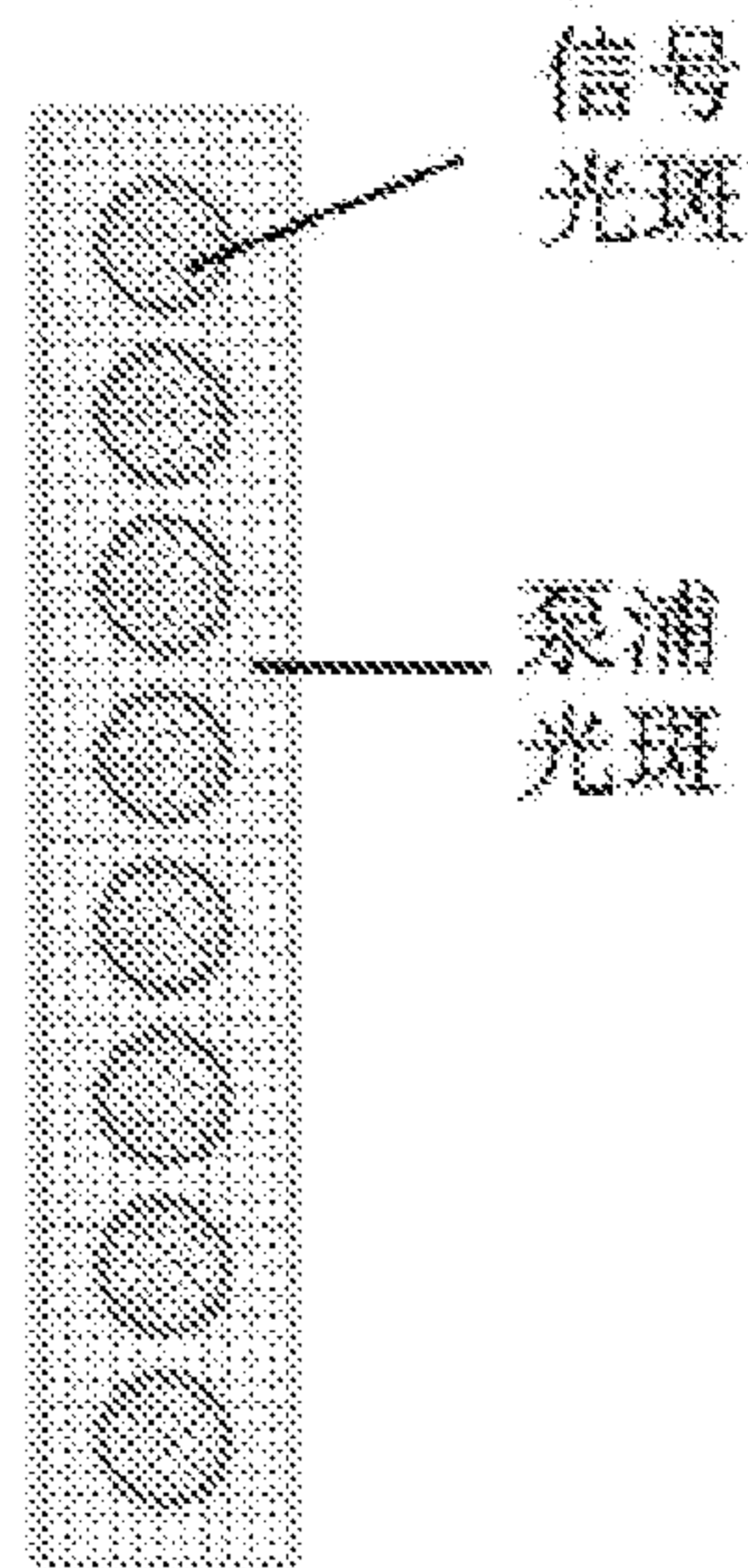


图 4 (b)

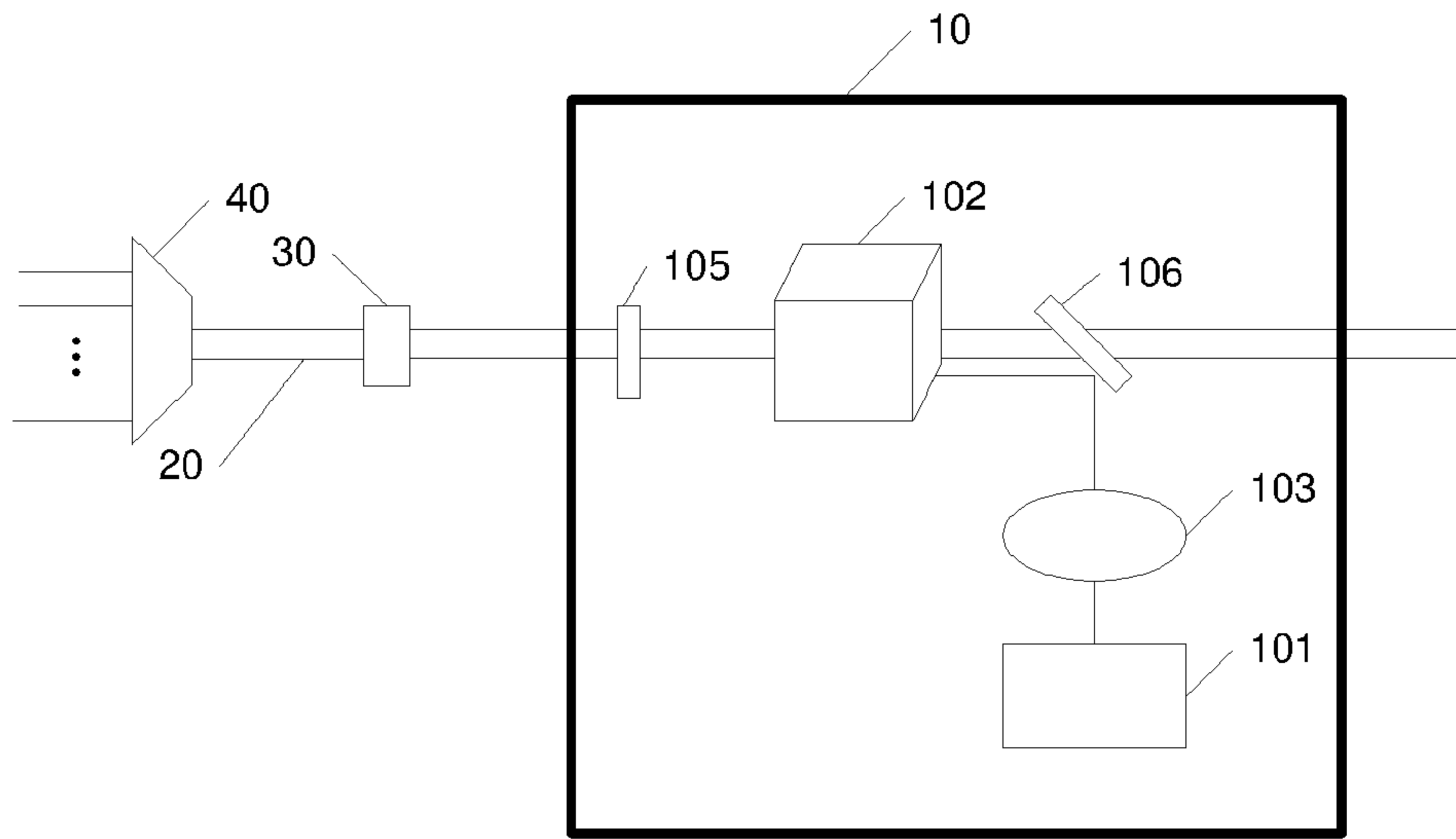


图 5 (a)

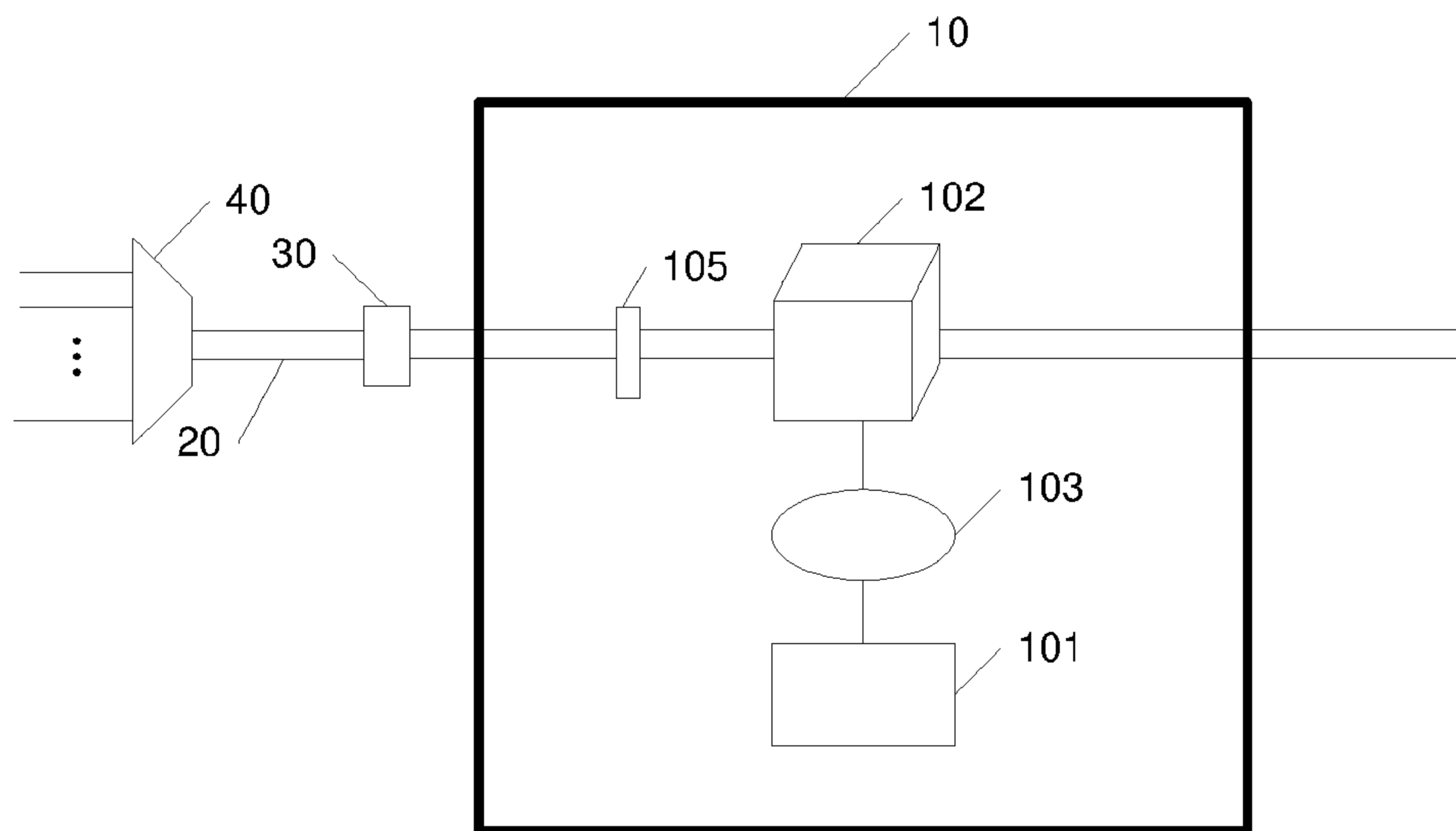


图 5 (b)

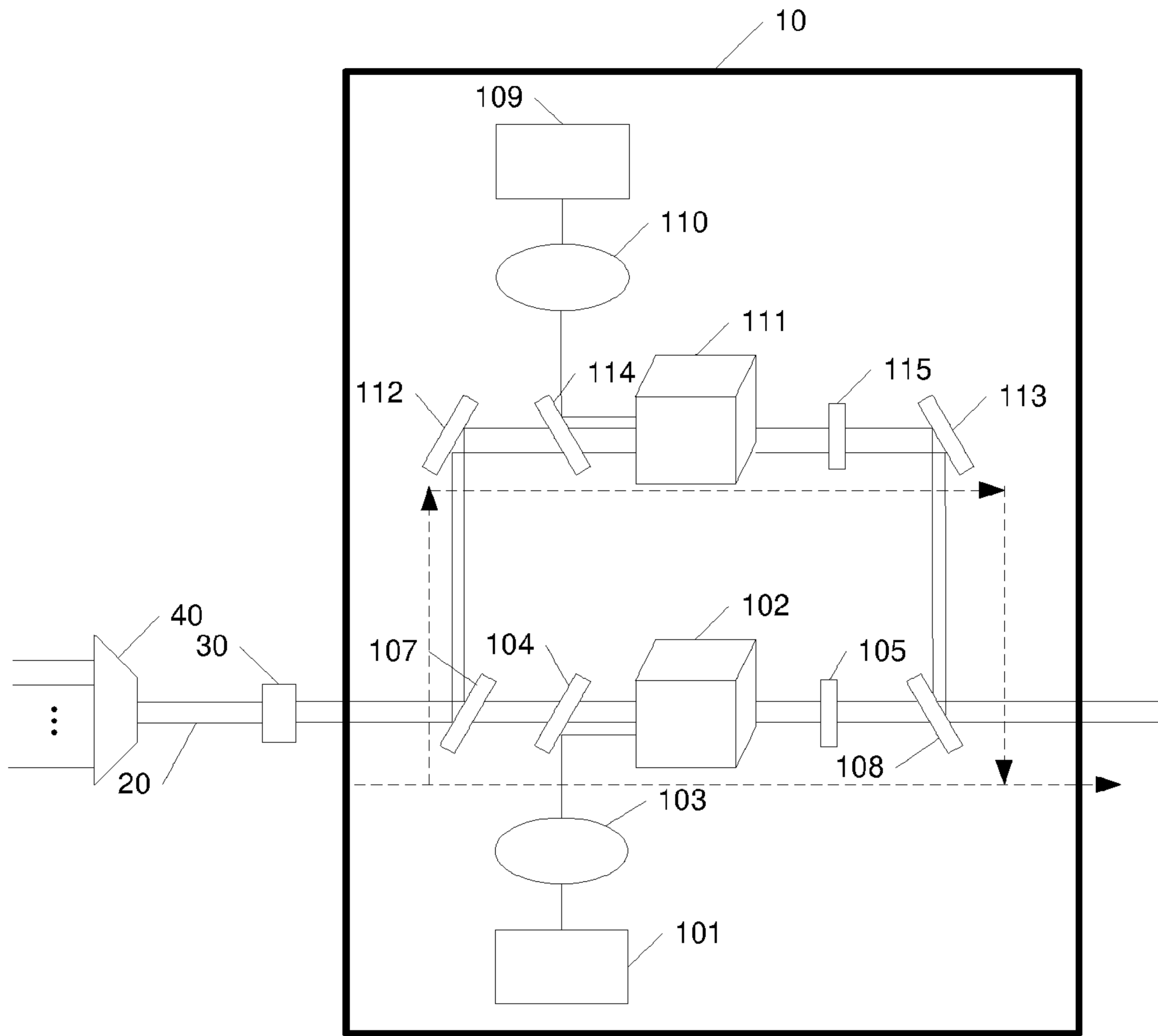


图 6

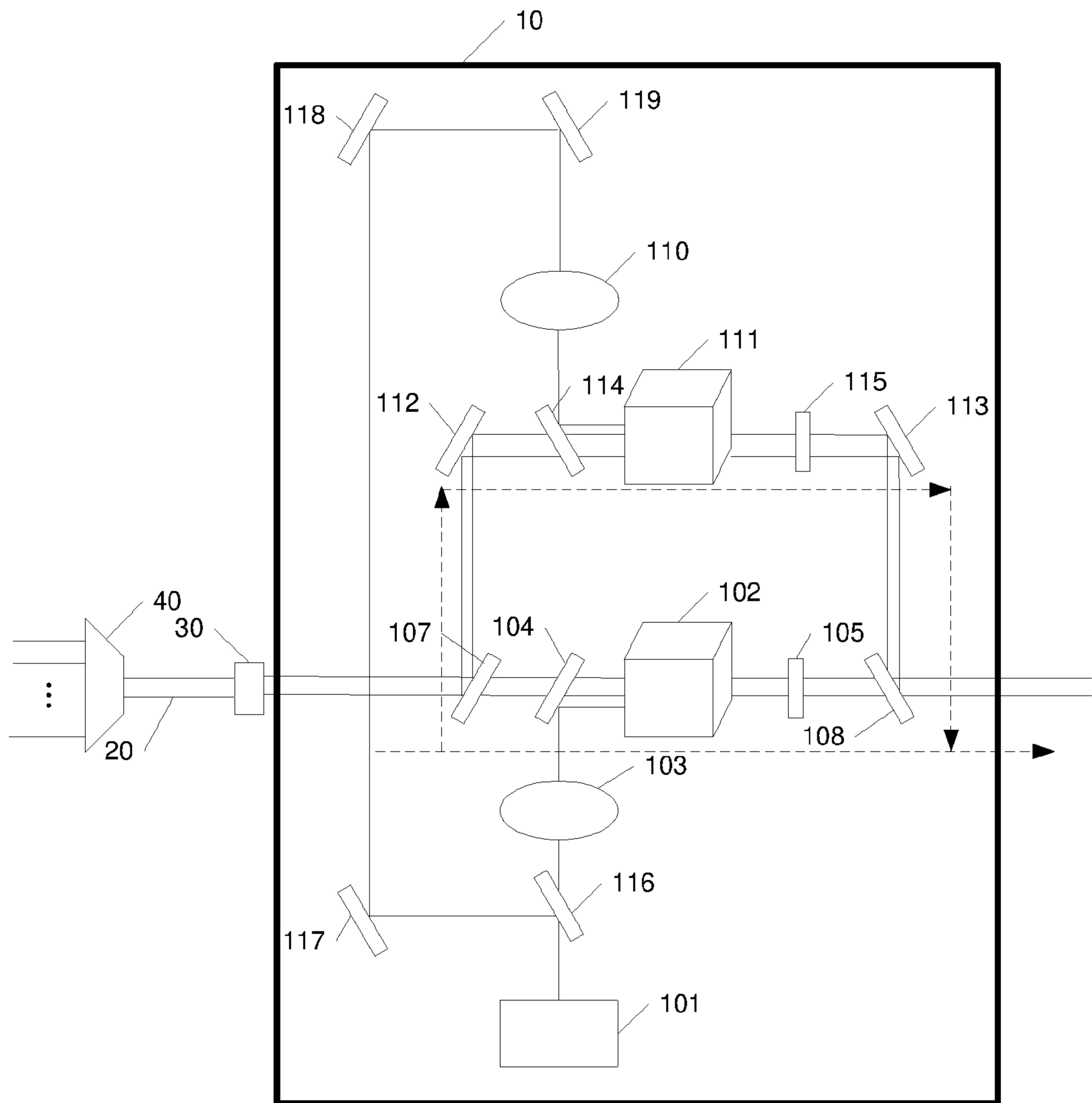


图 7

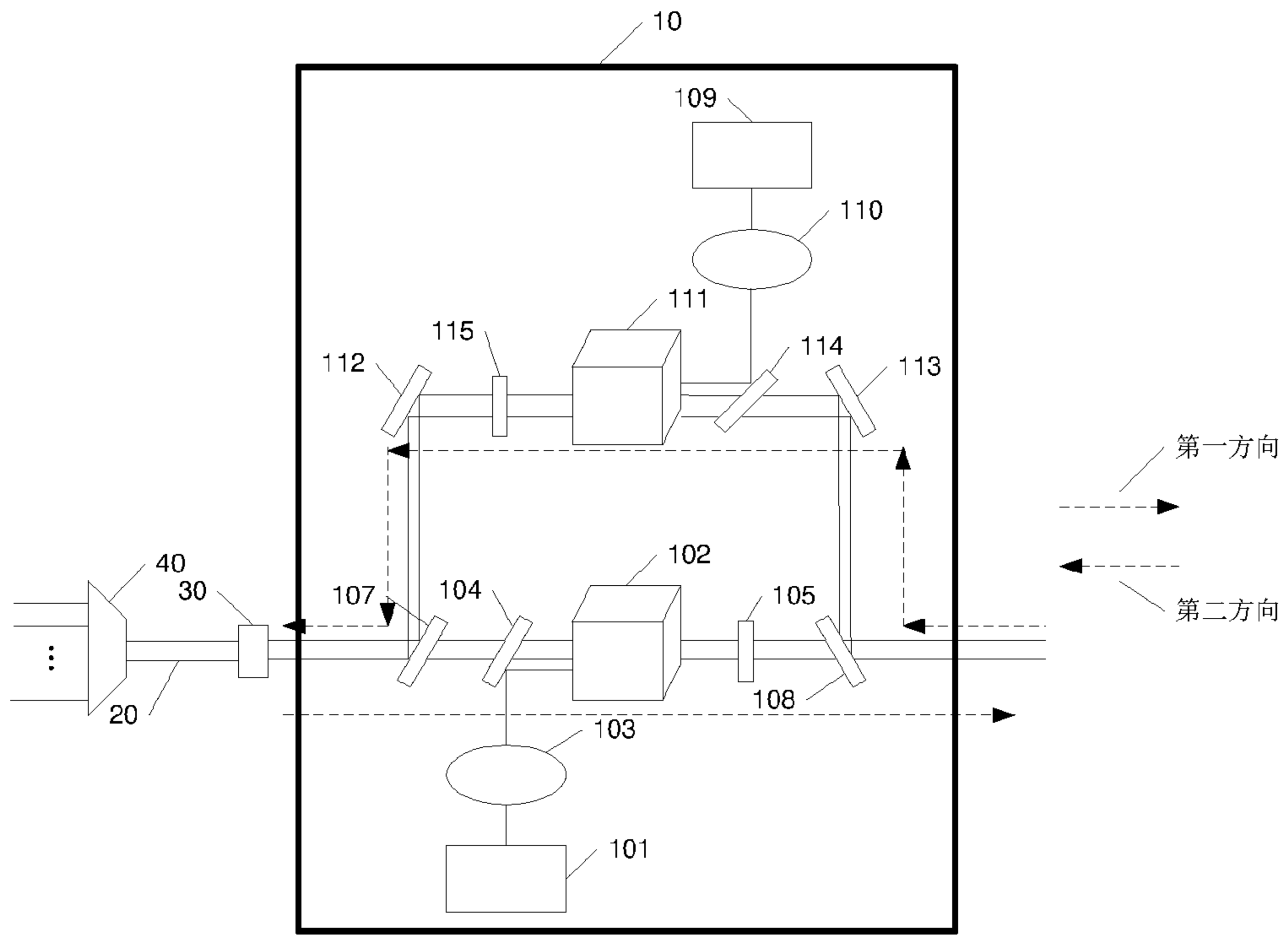


图 8

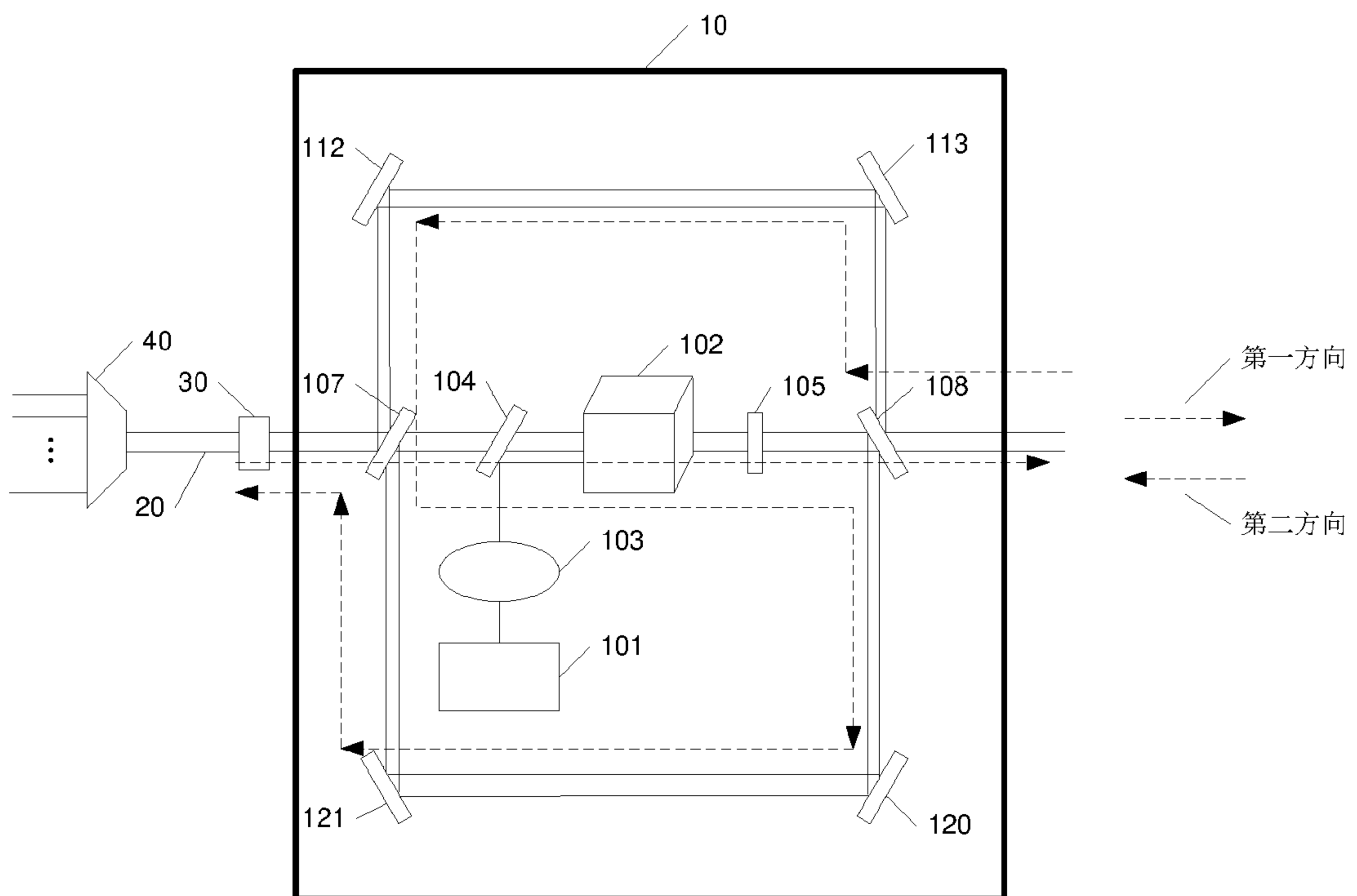


图 9

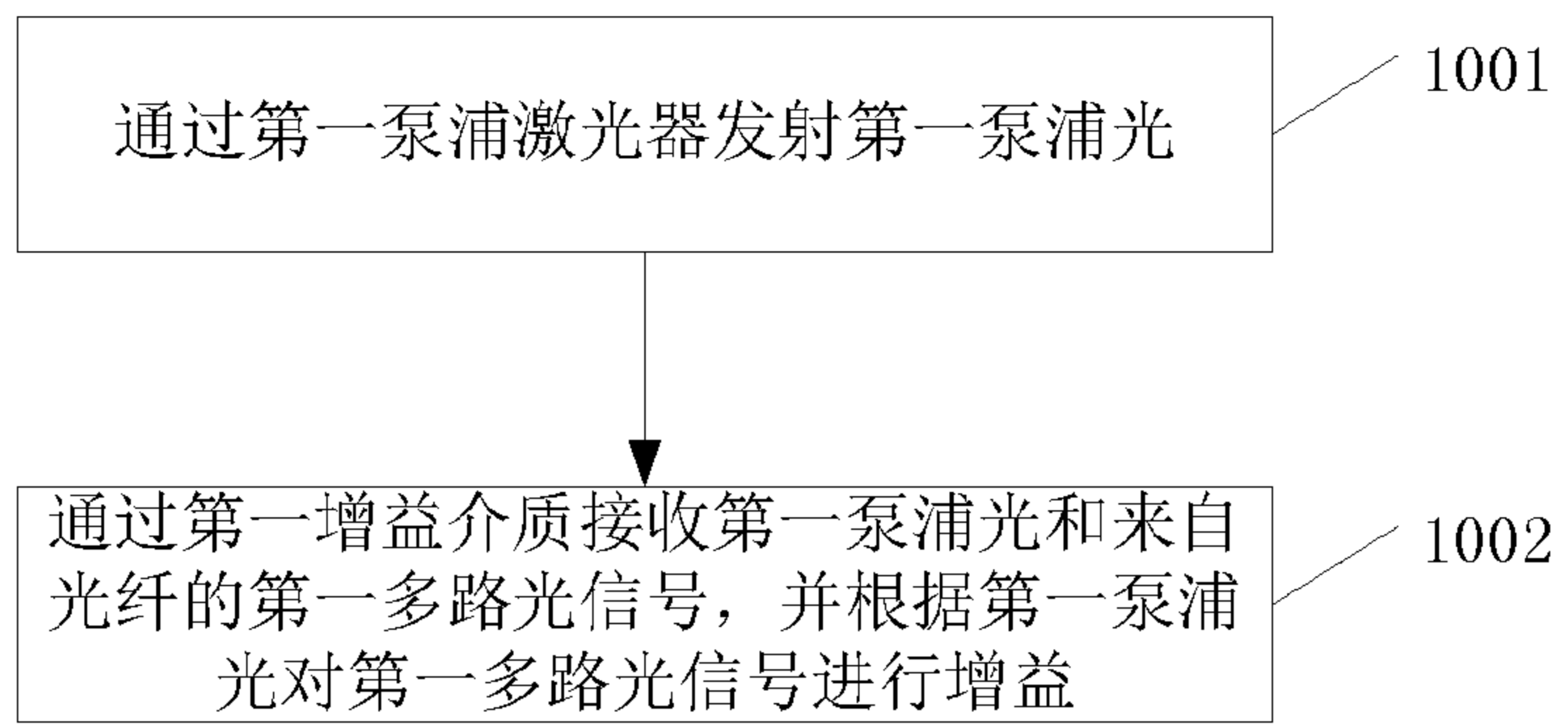


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/115492

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G02F 1/39(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) G02F 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) CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 光放大, 掺铒, 增益, 多路, 整形, 重合, 耦合, 泵浦, 滤波, amplif+, optical, erbium w doped, gain, multi+, signal, shap???, superposition, coupl???, pulp???, filter		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 1155674 A (HITACHI, LTD.) 30 July 1997 (1997-07-30) description, page 5 paragraph 7 to page 8 paragraph 1, figures 1-2	1-5, 16
A	CN 1167352 A (HITACHI, LTD.) 10 December 1997 (1997-12-10) entire document	1-16
A	CN 101997612 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 30 March 2011 (2011-03-30) entire document	1-16
A	CN 110024236 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 16 July 2019 (2019-07-16) entire document	1-16
A	US 2014268311 A1 (OFS FITEL, L.L.C.) 18 September 2014 (2014-09-18) entire document	1-16
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 24 November 2020		Date of mailing of the international search report 16 December 2020
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) 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/CN2020/115492

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	1155674	A	30 July 1997	US	6671084	B2	30 December 2003
				JP	H0998136	A	08 April 1997
				US	2001022683	A1	20 September 2001
				US	6038062	A	14 March 2000
				US	6229641	B1	08 May 2001
				US	6483630	B2	19 November 2002
				US	2003067673	A1	10 April 2003
				US	5864423	A	26 January 1999
				US	6859308	B2	22 February 2005
				CN	1154014	C	16 June 2004
				US	2004120027	A1	24 June 2004
				JP	3363003	B2	07 January 2003
				CN	1167352	A	10 December 1997
US	5835260	A	10 November 1998				
JP	H09281532	A	31 October 1997				
JP	3822932	B2	20 September 2006				
CN	101997612	A	30 March 2011	None			
CN	110024236	A	16 July 2019	EP	3664231	A1	10 June 2020
				US	2020194961	A1	18 June 2020
				WO	2019028718	A1	14 February 2019
US	2014268311	A1	18 September 2014	JP	6125971	B2	10 May 2017
				US	9164230	B2	20 October 2015
				EP	2822112	A1	07 January 2015
				JP	2014183308	A	29 September 2014
				JP	2016165011	A	08 September 2016
				JP	6348535	B2	27 June 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/115492

<p>A. 主题的分类 G02F 1/39(2006.01) i</p> <p>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</p>																				
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G02F</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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)) CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 光放大, 掺铒, 增益, 多路, 整形, 重合, 耦合, 泵浦, 滤波, amplif+, optical, erbium w doped, gain, multi+, signal, shap???, superposition, coupl???, pulp???, filter</p>																				
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 1155674 A (株式会社日立制作所) 1997年 7月 30日 (1997 - 07 - 30) 说明书第5页第7段到第8页第1段、附图1-2</td> <td>1-5, 16</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1167352 A (株式会社日立制作所) 1997年 12月 10日 (1997 - 12 - 10) 全文</td> <td>1-16</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101997612 A (华为技术有限公司) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 全文</td> <td>1-16</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110024236 A (华为技术有限公司) 2019年 7月 16日 (2019 - 07 - 16) 全文</td> <td>1-16</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2014268311 A1 (OFS FITEL, L.L.C.) 2014年 9月 18日 (2014 - 09 - 18) 全文</td> <td>1-16</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 1155674 A (株式会社日立制作所) 1997年 7月 30日 (1997 - 07 - 30) 说明书第5页第7段到第8页第1段、附图1-2	1-5, 16	A	CN 1167352 A (株式会社日立制作所) 1997年 12月 10日 (1997 - 12 - 10) 全文	1-16	A	CN 101997612 A (华为技术有限公司) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 全文	1-16	A	CN 110024236 A (华为技术有限公司) 2019年 7月 16日 (2019 - 07 - 16) 全文	1-16	A	US 2014268311 A1 (OFS FITEL, L.L.C.) 2014年 9月 18日 (2014 - 09 - 18) 全文	1-16
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
X	CN 1155674 A (株式会社日立制作所) 1997年 7月 30日 (1997 - 07 - 30) 说明书第5页第7段到第8页第1段、附图1-2	1-5, 16																		
A	CN 1167352 A (株式会社日立制作所) 1997年 12月 10日 (1997 - 12 - 10) 全文	1-16																		
A	CN 101997612 A (华为技术有限公司) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 全文	1-16																		
A	CN 110024236 A (华为技术有限公司) 2019年 7月 16日 (2019 - 07 - 16) 全文	1-16																		
A	US 2014268311 A1 (OFS FITEL, L.L.C.) 2014年 9月 18日 (2014 - 09 - 18) 全文	1-16																		
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																				
<p>* 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</p>																				
<p>国际检索实际完成的日期 2020年 11月 24日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期 2020年 12月 16日</p>																		
<p>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</p>		<p>授权官员 全宇军 电话号码 86-(10)-53962561</p>																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/115492

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	1155674	A	1997年 7月 30日	US	6671084	B2	2003年 12月 30日
				JP	H0998136	A	1997年 4月 8日
				US	2001022683	A1	2001年 9月 20日
				US	6038062	A	2000年 3月 14日
				US	6229641	B1	2001年 5月 8日
				US	6483630	B2	2002年 11月 19日
				US	2003067673	A1	2003年 4月 10日
				US	5864423	A	1999年 1月 26日
				US	6859308	B2	2005年 2月 22日
				CN	1154014	C	2004年 6月 16日
				US	2004120027	A1	2004年 6月 24日
				JP	3363003	B2	2003年 1月 7日
				CN	1167352	A	1997年 12月 10日
US	5835260	A	1998年 11月 10日				
JP	H09281532	A	1997年 10月 31日				
JP	3822932	B2	2006年 9月 20日				
CN	101997612	A	2011年 3月 30日	无			
CN	110024236	A	2019年 7月 16日	EP	3664231	A1	2020年 6月 10日
				US	2020194961	A1	2020年 6月 18日
				WO	2019028718	A1	2019年 2月 14日
US	2014268311	A1	2014年 9月 18日	JP	6125971	B2	2017年 5月 10日
				US	9164230	B2	2015年 10月 20日
				EP	2822112	A1	2015年 1月 7日
				JP	2014183308	A	2014年 9月 29日
				JP	2016165011	A	2016年 9月 8日
				JP	6348535	B2	2018年 6月 27日