

(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
2023 年 6 月 22 日 (22.06.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/109805 A1

- (51) 国际专利分类号:
H01S 3/067 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/138667
- (22) 国际申请日: 2022 年 12 月 13 日 (13.12.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202111517617.7 2021 年 12 月 13 日 (13.12.2021) 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: 刘沛(LIU, Pei); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。张楷(ZHANG, Kai); 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)。
- (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, CV, 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, ME, 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))。

(54) Title: OPTICAL FIBER AMPLIFIER AND METHOD FOR AMPLIFYING OPTICAL SIGNAL

(54) 发明名称: 一种光纤放大器和放大光信号的方法

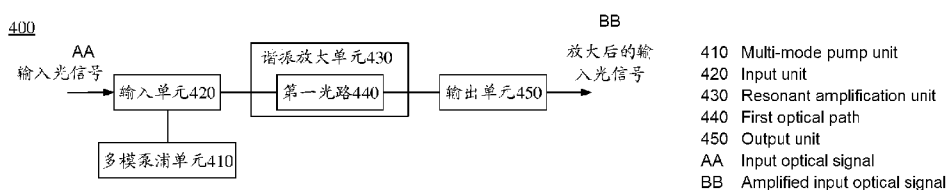


图 4

(57) Abstract: An optical fiber amplifier (400, 500, 600, 701, 704, 711, 714, 803, 804, 805, 816, 817, 818) and a method for amplifying an optical signal. The optical fiber amplifier (400, 500, 600, 701, 704, 711, 714, 803, 804, 805, 816, 817, 818) comprises: a multi-mode pump unit (410) used for generating a multi-mode pump laser; an input unit (420) used for inputting an input optical signal and the multi-mode pump laser to a first optical path (440), the first optical path (440) belonging to a resonant amplification unit (430); the resonant amplification unit (430) used for generating a single-mode pump laser of a first wavelength range according to the multi-mode pump laser, and repeatedly oscillating the single-mode pump laser of the first wavelength range in the first optical path (440), so that the single-mode pump laser of the first wavelength range amplifies the input optical signal; and an output unit (450) used for outputting the amplified input optical signal. The optical fiber amplifier (400, 500, 600, 701, 704, 711, 714, 803, 804, 805, 816, 817, 818) converts a multi-mode pump laser generated by a multi-mode pump (509, 519, 610, 630, 801, 811) into a single-mode pump laser, so that a single-mode pump (107) having lower output power and a higher cost is replaced by a multi-mode pump (509, 519, 610, 630, 801, 811) having higher output power and a lower cost, the pump cost is reduced, and the optical discharge saturated light output power is improved.

(57) 摘要：一种光纤放大器（400,500,600,701,704,711,714,803,804,805,816,817,818）和放大光信号的方法，光纤放大器（400,500,600,701,704,711,714,803,804,805,816,817,818）包括：多模泵浦单元（410），用于产生多模泵浦激光；输入单元（420），用于将输入光信号和多模泵浦激光输入到第一光路（440），第一光路（440）属于谐振放大单元（430）；谐振放大单元（430），用于根据多模泵浦激光生成第一波长范围的单模泵浦激光，将第一波长范围的单模泵浦激光在第一光路（440）中反复振荡，以使得第一波长范围的单模泵浦激光放大输入光信号；输出单元（450），用于输出放大后的输入光信号。光纤放大器（400,500,600,701,704,711,714,803,804,805,816,817,818）通过将多模泵（509,519,610,630,801,811）产生的多模泵浦激光转化为单模泵浦激光，从而可以使用输出功率更大、成本更低的多模泵（509,519,610,630,801,811）代替输出功率较低且成本较高的单模泵(107)，有助于降低泵浦成本，提高光放饱和出光功率。

一种光纤放大器和放大光信号的方法

5 本申请要求于2021年12月13日提交中国国家知识产权局、申请号202111517617.7、申请名称为“一种光纤放大器和放大光信号的方法”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

本申请涉及光传输技术领域，并且更具体地，涉及一种光纤放大器和放大光信号的方法。

10

背景技术

15 光纤放大器作为光纤通信系统中的补偿光信号损耗的主要手段，其性能和带宽对光纤通信系统整体性能有重要影响，而其成本更是决定整体系统能否适应更多应用场景的关键因素，因此，低成本的光纤放大器成为了业界的热点。其中，降低光纤放大器中的泵浦激光器的成本是实现低成本光纤放大器的关键。

20 目前，电信级光纤放大器的泵浦激光器主要是单模泵（single-mode pump, SMP），其能够直接输出单横模的激光束，该激光束具有较小的光斑尺寸，可以高效地耦合进单模光纤中，通过波分复用技术，能够实现对单模掺铒光纤（Er-doped fiber, EDF）的泵浦。但是由于单模条件的限制，SMP的输出激光功率有限，并且随着功率的增加，其成本急剧上升。

25 因此，亟需一种能够降低泵浦成本光纤放大器。

发明内容

本申请提供一种光纤放大器和放大光信号的方法，能够降低泵浦成本，提高光放饱和出光功率。

30 第一方面，提供了一种光纤放大器，包括：多模泵浦单元，用于产生多模泵浦激光；输入单元，用于将输入光信号和多模泵浦激光输入到第一光路，第一光路属于谐振放大单元；谐振放大单元，用于根据多模泵浦激光生成第一波长范围的单模泵浦激光，将第一波长范围的单模泵浦激光在第一光路中反复振荡，以使得第一波长范围的单模泵浦激光放大输入光信号；输出单元，用于输出放大后的输入光信号。

35 根据本申请的光纤放大器，通过将多模泵浦产生的多模泵浦激光转化为单模泵浦激光，从而可以使用输出功率更大、成本更低的多模泵浦代替输出功率较低且成本较高的单模泵浦，有助于降低泵浦成本，提高光放饱和出光功率。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，上述多模泵浦激光的波长范围为880至980nm，第一波长范围为970至1030nm。

根据本申请所提供的光纤放大器，能够产生波长范围为970至1030nm的单模泵浦激光，用于放大输入光信号，信噪比性能较好，能够满足电信级光纤放大器的要求。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，上述第一光路包括：双包层掺铒光纤，

用于吸收多模泵浦激光，产生和放大第一波长范围的单模泵浦激光；掺铒光纤，用于吸收第一波长范围的单模泵浦激光，放大输入光信号。

根据本申请所提供的光纤放大器，能够直接复用现有电信级光纤放大器中的单模掺铒光纤，保障其可工作光谱带宽与现有产品一致，有助于降低泵浦成本。

5 结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，上述谐振放大单元还包括包层泵浦剥离器，用于剥除双包层掺铒光纤未吸收的多模泵浦激光。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，包层泵浦剥离器位于掺铒光纤和双包层掺铒光纤之间。

10 结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，谐振放大单元包括谐振腔，谐振放大单元通过谐振腔将第一波长范围的单模泵浦激光在第一光路中反复振荡。

根据本申请所提供的光纤放大器，通过设置谐振腔，使得单模泵浦激光能够在谐振腔中震荡，反复穿过掺铒光纤，能够大幅度提高掺铒光纤对单模泵浦激光的吸收，从而提高了泵浦吸收系数。

15 结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，谐振腔包括第一光纤光栅和第二光纤光栅，第一光纤光栅和第二光纤光栅对第一波长范围的单模泵浦激光的反射率大于第一阈值，第一光纤光栅和第二光纤光栅对放大后的输入光信号的透射率大于第二阈值。

20 作为示例而非限定，第一阈值可以为 90%，第二阈值可以为 90%。这样，第一光纤光栅和第二光纤光栅对第一波长范围的单模泵浦激光具有较高的反射率（例如，反射率 $\geq 90\%$ ），使得第一波长范围的单模泵浦激光可以在谐振腔中反复震荡，反复穿过掺铒光纤，能够大幅度提高掺铒光纤对单模泵浦激光的吸收，从而提高了泵浦吸收系数，同时由于第一光纤光栅和第二光纤光栅对放大后的输入光信号具有较高的透射率（例如，透射率 $\geq 90\%$ ），使得输入光信号在谐振腔中被放大后，可以顺利的输出，并保证放大后的光信号的 NF 性能。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，第一光纤光栅和第二光纤光栅的波长差值小于第一光纤光栅和第二光纤光栅的反射带宽。

25 结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，输入单元还包括第一波分复用器，用于将输入光信号和多模泵浦激光耦合进第一光路。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，输出单元还包括第二波分复用器，用于将放大后的输入光信号从第一光路中分离并输出。

30 结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，输出单元还包括增益平坦滤波器和/或可调光衰减器。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，掺铒光纤为以下任一项：单模掺铒光纤、大模场掺铒光纤、双包层掺铒光纤。

35 第二方面，提供了一种放大光信号的方法，包括：接收输入光信号，并将输入光信号输入到第一光路中；产生多模泵浦激光；根据多模泵浦激光生成第一波长范围的单模泵浦激光，将第一波长范围的单模泵浦激光在第一光路中反复振荡，以使得第一波长范围的单模泵浦激光放大输入光信号；输出放大后的输入光信号。

根据本申请所提供的技术方案，使用多模泵浦代替单模泵浦，能够降低泵浦成本，提高光饱和和出光功率。

结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，上述多模泵浦激光的波长范围为 880 至

980nm, 第一波长范围为 970 至 1030nm。

根据本申请所提供的光纤放大器,能够产生波长范围为 970 至 1030nm 的单模泵浦激光,用于放大输入光信号, NF 性能较好,能够满足电信级光纤放大器的要求。

5 结合第二方面,在第二方面的某些实现方式中,上述第一光路包括双包层掺铥光纤,用于吸收多模泵浦激光,产生和放大第一波长范围的多模泵浦激光;掺铒光纤,用于吸收第一波长范围的多模泵浦激光,放大输入光信号。

结合第二方面,在第二方面的某些实现方式中,掺铒光纤为以下任一项:单模掺铒光纤、大模场掺铒光纤、双包层掺铒光纤。

10 第三方面,提供了一种光纤通信系统,该系统包括:光放站点,该光放站点包括如第一方面提供的光纤放大器。

第四方面,提供了一种放大光信号的装置,该装置用于执行上述第二方面的方法。具体地,该装置可以包括用于执行第二方面提供的方法的单元和/或模块,如处理模块和/或收发模块。

15 在一种实现方式中,该装置为放大器。当该装置为放大器时,该收发模块可以是收发器,或,输入/输出接口;该处理模块可以是处理器。

在另一种实现方式中,该装置为用于放大光信号的芯片、芯片系统或电路。当该装置为放大光信号设备中的芯片、芯片系统或电路时,该收发模块单元可以是该芯片、芯片系统或电路上的输入/输出接口、接口电路、输出电路、输入电路、管脚或相关电路等;该处理模块可以是处理器、处理电路或逻辑电路等。

20 基于上述方案的有益效果,可以参考第一方面的相应描述,为了简洁,本申请在此不再赘述。

可选地,上述收发器可以为收发电路。可选地,上述输入/输出接口可以为输入/输出电路。

25 附图说明

图 1 是一种电信级光纤放大器的结构示意图。

图 2 是一种多模激光放大单模激光信号的示意图。

图 3 是一种单模光纤放大器的结构示意图。

图 4 是本申请提供的光纤放大器的一例结构示意图。

30 图 5 是本申请提供的光纤放大器的具体示例的一例结构示意图。

图 6 是本申请提供的光纤放大器的具体示例的另一例结构示意图。

图 7 是本申请提供的光纤放大器的多级结构的一例结构示意图。

图 8 是本申请提供的光纤放大器的多组阵列结构的一例结构示意图。

图 9 是本申请提供的放大光信号的方法的一例示意性流程图。

35

具体实施方式

下面将结合附图,对本申请中的技术方案进行描述。

本申请实施例的技术方案可以应用于光纤通信网络中,如本申请实施例的技术方案可以用于光纤通信网络中的光纤放大器中,光纤放大器主要位于光纤通信网络中的光放站点及光

放网元。本申请实施例的技术方案可以用于实现由多芯光纤构成的光纤放大器。

图 1 示出了一种电信级光纤放大器 100 的结构示意图。其中，光纤放大器 100 包括隔离器 (isolator, ISO) 101、波分复用器 (wavelength division multiplexer, WDM) 102、掺铒光纤 (Er-doped fiber, EDF)、隔离器 104 以及单模泵 107。可选的，光纤放大器 100 还可以包
5 括增益平坦滤波器 105 和可调光衰减器 106。单模泵 SMP107 作为光纤放大器 100 的泵浦激光器，能够直接输出单横模的激光束，具备较小的光斑尺寸，能够高效地耦合进单模光纤中，再通过波分复用技术，从而实现单模 EDF 的泵浦。

光纤放大器作为光纤通信系统中的补偿光信号损耗的主要手段，其性能和带宽对光纤通信系统整体性能有重要影响，而其成本更是决定整体系统能否适应更多应用场景的关键因素，
10 因此，低成本的光纤放大器成为了业界的热点。其中，降低光纤放大器中的泵浦激光器的成本是实现低成本光纤放大器的关键。

但是，上述介绍的 SMP 由于单模条件的限制，其输出激光功率有限，并且随着功率的增加，其成本急剧上升。

MMP 不存在单模条件限制，其输出功率远高于 SMP，还可以通过外部的合束手段实现
15 高达千瓦级别的输出功率，且 MMP 的生产工艺简单、成本低廉。但是 MMP 输出光斑尺寸和发散角较大，难以直接耦合进单模光纤，也就无法通过波分复用技术实现对 EDF 的泵浦。

因此，亟需一种能够降低泵浦成本光纤放大器。

目前，已知的一种技术可以通过包层泵浦配合双包层掺杂光纤来实现降低泵浦成本的目的。如图 2 所示，多模泵 (multi-mode pump, MMP) 通过耦合在双包层光纤的内包层中传播，
20 而待放大的单模信号激光则在双包层光纤的纤芯中传播，由于双包层光纤的内包层和纤芯共轴，内包层中的多模激光在轴向传播过程中，会有一定概率穿过纤芯，泵浦纤芯中的稀土离子至上能级，从而实现多模泵浦对单模信号激光的放大。

但是，在上述方法中，用于 MMP 穿过纤芯的概率非常低，约等于纤芯与内包层截面积之比 (小于 1%)，所以该技术会大幅度降低泵浦的等效吸收系数。以普通单模 EDF 泵浦吸收
25 系数 5dB/m 为例，采用该技术时，EDF 的等效系数小于 0.05dB/m，即所需的光纤长度增加超过 100 倍，成本大幅增加。此外，在相同泵浦功率下，由于较低的泵浦吸收，导致 EDF 的上能级反转率较低，噪声指数 (noise figure, NF) 性能大幅度下降。因此，该技术只能应用于铒铈共掺光纤这类对泵浦吸收系数更高的掺杂光纤，然而铒铈共掺光纤的可放大带宽以及 NF 性能相对于 EDF 仍有较大差距，所以该技术目前常应用于社区天线电视 (community
30 antenna television, CATV) 中，无法应用到电信级的光纤放大器中。

图 3 示出了一种单模光纤放大器的机构示意图。如图 3 所示，在上述方法的基础上，MMP 通过包层泵浦技术构建一个单模的光纤放大器，来实现对单模泵浦激光的产生或放大，放大后的单模泵浦激光再通过 WDM 耦合到光纤放大器中，泵浦稀土离子，从而实现单模激光信号的放大。

但是，该技术无法有效地产生或放大电信级光纤放大器所需的最佳泵浦波段 (例如，
35 980nm)。其中，该技术常用的手段是通过包层泵浦产生单模的 1018nm 或 1538nm 的光纤激光作为后续光纤放大器的泵浦源。以本领域较为常用的 1018nm 激光为例，EDF 在 1018nm 处的吸收系数约为 0.3dB/m，尽管相对于图 2 所示的技术有所提升，但仍然无法避免光纤长度增加，NF 性能大幅度下降的缺点。而对于 1538nm 泵浦的技术方案，一方面，带内泵浦会

导致 NF 性能大幅度劣化, 另一方面, 153nm 泵浦无法覆盖 152nm 的信号放大, 也就无法支撑整个 C 波段的放大。

多模泵不存在单模条件限制, 其输出功率远高于单模泵, 还可以通过外部的合束手段实现高达千瓦级别的输出功率, 且多模泵的生产工艺简单、成本低廉。但是多模泵输出光斑尺寸和发散角较大, 难以直接耦合进单模光纤, 也就无法通过波分复用技术实现对 EDF 的泵浦。

基于此, 本申请提出了一种光纤放大器, 以期能够使用多模泵代替单模泵, 从而降低泵浦成本, 提高光放饱和出光功率。

图 4 是本申请提供的光纤放大器的一例结构示意图。

如图 4 所示, 该光纤放大器 400 包括多模泵浦单元 410、输入单元 420、谐振放大单元 430 以及输出单元 450。其中, 多模泵浦单元 410, 用于产生多模泵浦激光; 输入单元 420, 用于将输入光信号和多模泵浦激光输入到第一光路 440, 第一光路 440 属于谐振放大单元 430; 谐振放大单元 430, 用于根据多模泵浦激光生成第一波长范围的单模泵浦激光, 将第一波长范围的单模泵浦激光在第一光路中反复振荡, 以使得第一波长范围的单模泵浦激光放大输入光信号; 输出单元 450, 用于输出放大后的输入光信号。

其中, 输入光信号可以是上一段光纤链路中的传输光信号, 也可以是激光器直接输出的光信号; 输出光信号具有更高的功率, 可以直接输入到下一段光纤链路继续传输, 也可以直接输出, 用于控制或者探测。

可选地, 上述多模泵浦激光的波长范围为 880 至 980nm, 第一波长范围为 970 至 1030nm。

根据本申请所提供的光纤放大器, 能够产生波长范围为 970 至 1030nm 的单模泵浦激光, 用于放大输入光信号, NF 性能较好, 能够满足电信级光纤放大器的要求。

可选地, 上述第一光路包括: 双包层掺铥光纤, 用于吸收多模泵浦激光, 产生和放大第一波长范围的单模泵浦激光; 掺铒光纤, 用于吸收第一波长范围的单模泵浦激光, 放大输入光信号。

根据本申请所提供的光纤放大器, 能够直接复用现有电信级光纤放大器中的单模掺铒光纤, 保障其可工作光谱带宽与现有产品一致, 有助于降低泵浦成本。

可选地, 上述谐振放大单元还包括包层泵浦剥离器, 用于剥除双包层掺铥光纤未吸收的多模泵浦激光。

可选地, 包层泵浦剥离器位于掺铒光纤和双包层掺铥光纤之间。

可选地, 谐振放大单元包括谐振腔, 谐振放大单元通过谐振腔将第一波长范围的单模泵浦激光在第一光路中反复振荡。

根据本申请所提供的光纤放大器, 通过设置谐振腔, 使得单模泵浦激光能够在谐振腔中震荡, 反复穿过掺铒光纤, 能够大幅度提高掺铒光纤对单模泵浦激光的吸收, 从而提高了泵浦吸收系数。

可选地, 谐振腔包括第一光纤光栅和第二光纤光栅, 第一光纤光栅和第二光纤光栅对第一波长范围的单模泵浦激光的反射率大于第一阈值, 第一光纤光栅和第二光纤光栅对放大后的输入光信号的透射率大于第二阈值。

作为示例而非限定, 第一阈值可以为 90%, 第二阈值可以为 90%。这样, 第一光纤光栅和第二光纤光栅对第一波长范围的单模泵浦激光具有较高的反射率 (例如, 反射率 $\geq 90\%$), 使得第一波长范围的单模泵浦激光可以在谐振腔中反复震荡, 反复穿过掺铒光纤, 能够大幅

度提高掺铒光纤对单模泵浦激光的吸收，从而提高了泵浦吸收系数，同时由于第一光纤光栅和第二光纤光栅对放大后的输入光信号具有较高的透射率（例如，透射率 $\geq 90\%$ ），使得输入光信号在谐振腔中被放大后，可以顺利地输出，并保证放大后的光信号的 NF 性能。

5 应理解，在本申请实施例中，还可以根据光纤长度以及对放大后的输入光信号的性能要求等条件，调整上述第一阈值和第二阈值。例如，当掺铒光纤较长时，可以降低第一阈值；当掺铒光纤较短，可以升高第一阈值。又例如，当要求放大后的输入光信号的 NF 性能较高时，可以升高第二阈值，反之，可以降低第二阈值。

可选地，第一光纤光栅和第二光纤光栅的波长差值小于第一光纤光栅和第二光纤光栅的反射带宽。

10 可选地，输入单元还包括第一波分复用器，用于将输入光信号和多模泵浦激光耦合进第一光路。

可选地，输出单元还包括第二波分复用器，用于将放大后的输入光信号从第一光路中分离并输出。

15 其中，作为一种可能的实现方式，上述第一波分复用器和第二波分复用器也可以构成上文介绍的谐振腔结构。

可选地，输出单元还包括增益平坦滤波器和/或可调光衰减器。

可选地，掺铒光纤为以下任一项：单模掺铒光纤、大模场掺铒光纤、双包层掺铒光纤。

20 多模泵浦不存在单模条件限制，其输出功率远高于单模泵浦，还可以通过外部的合束手段实现高达千瓦级别的输出功率，且多模泵浦的生产工艺简单、成本低廉。但是多模泵浦输出光斑尺寸和发散角较大，难以直接耦合进单模光纤，也就无法通过波分复用技术实现对 EDF 的泵浦。

根据本申请的光纤放大器，通过将多模泵浦产生的多模泵浦激光转化为单模泵浦激光，从而可以使用输出功率更大、成本更低的多模泵浦代替输出功率较低且成本较高的单模泵浦，有助于降低泵浦成本，提高光放饱和出光功率。

图 5 是本申请提供的光纤放大器的具体示例的一例结构示意图。

25 如图 5 所示，图 5 (a) 和图 5 (b) 分别示出了前向泵浦和后向泵浦的光纤放大器。以图 5 (a) 所示的前向泵浦的光纤放大器为例，其多模泵浦单元包括多模泵浦 509，用于产生多模泵浦激光，该多模泵浦激光的波长范围可以是 880 至 980nm。输入单元包括隔离器 501，在该实施例中，输入单元还包括合束器 502，用于将输入光信号（例如 C 或 L 波段的电信信号）和多模泵浦激光输入双包层光纤中的纤芯和内包层（即输入谐振放大单元）。谐振放大单元包
30 括光纤光栅 503、双包层掺铒光纤 504、包层泵浦剥除器 505、掺铒光纤 506 以及光纤光栅 507。双包层掺铒光纤 504 用于吸收多模泵浦激光，产生和放大第一波长范围的单模泵浦激光，该第一波长范围可以是 970 至 1030nm；包层泵浦剥除器 505 用于剥除双包层掺铒光纤 504 未吸收的多模泵浦激光；光纤光栅 503 和光纤光栅 507 对第一波长范围的单模泵浦激光的反射率大于第一阈值（例如，90%），对放大后的输入光信号的透射率大于第二阈值（例如，90%），
35 光纤光栅 503 和光纤光栅 507 的波长差值小于二者中最大的反射带宽。输出单元包括光隔离器 508，用于输出放大后的输入光信号。

其中，光纤光栅 503 和光纤光栅 507 可以构成谐振腔结构，由于光纤光栅 503 和光纤光栅 507 对第一波长范围的单模泵浦激光的高反特性，使得第一波长范围的单模泵浦激光可以在双包层掺铒光纤 504 和掺铒光纤 506 构成的第一光路中反复震荡，不断穿过掺铒光纤 506，

等效地提高了泵浦吸收系数。

图 5 (b) 所示的后向泵浦的光纤放大器的基本结构与原理基本与上述的前向泵浦的光纤放大器相同, 为了简洁, 在此不再赘述。

5 根据本申请的光纤放大器, 通过将多模泵产生的多模泵浦激光转化为单模泵浦激光, 从而可以使用输出功率更大、成本更低的多模泵代替输出功率较低且成本较高的单模泵, 有助于降低泵浦成本, 提高光放饱和出光功率。

图 6 是本申请提供的光纤放大器的具体示例的另一例结构示意图。

10 在图 5 所示的结构中, 输入光信号经过双层掺铥光纤、包层泵浦剥除器等一系列新增的、可能带来插损的器件, 可能导致能量消耗, NF 性能较差。为避免上述情况, 本申请提出了如图 6 所示结构示意图。

15 如图 6 (a) 所示, 多模泵浦单元包括多模泵 610, 用于产生多模泵浦激光, 该多模泵浦激光的波长范围可以是 880 至 980nm。输入单元包括隔离器 601, 在该实施例中, 输入单元还包括波分复用器 602, 用于将输入光信号 (例如 1.5 μm 电信信号) 和多模泵浦激光输入双包层光纤 (也可以是双包层掺铥光纤) 中的纤芯和内包层 (即输入谐振放大单元)。谐振放大单元包括双包层掺铥光纤 608、包层泵浦剥除器 607 以及掺铥光纤 603, 其作用请参照上文的描述, 在此不再赘述。输出单元包括光隔离器 605, 在该实施例中, 输出单元还包括波分复用器 604, 用于将放大后的输入光信号从第一光路中分离输出, 并将第一波长范围的多模泵浦激光输入合束器 609。

20 其中, 输入单元的波分复用器 602 和输出单元波分复用器 604 还可以构成环形谐振腔结构, 使得第一波长范围的多模泵浦激光能够在双包层掺铥光纤 608 和掺铥光纤 603 构成的第一光路中反复震荡, 不断穿过掺铥光纤 603, 等效地提高了泵浦吸收系数。

25 如图 6 (b) 所示, 输入单元包括隔离器 621, 在该实施例中, 输入单元还包括波分复用器 622, 其作用请参照图 6 (a) 中的描述, 在此不再赘述。谐振放大单元包括光纤光栅 624、双包层掺铥光纤 627、包层泵浦剥除器 626、掺铥光纤 623 以及光纤光栅 628, 其各部件的功能可参照图 5 中的描述, 在此不再赘述。

其中, 光纤光栅 624 和光纤光栅 628 可以构成谐振腔结构, 由于光纤光栅 624 和光纤光栅 628 对第一波长范围的多模泵浦激光的高反特性, 使得第一波长范围的多模泵浦激光可以在双包层掺铥光纤 627 和掺铥光纤 623 构成的第一光路中反复震荡, 不断穿过掺铥光纤 623, 等效地提高了泵浦吸收系数。

30 根据本申请的光纤放大器, 通过将多模泵产生的多模泵浦激光转化为单模泵浦激光, 从而可以使用输出功率更大、成本更低的多模泵代替输出功率较低且成本较高的单模泵, 有助于降低泵浦成本, 提高光放饱和出光功率。进一步地, 在该实施例中, 输入光信号不再经过双包层掺铥光纤、包层泵浦剥除器等一系列新增的、可能带来插损的器件, NF 性能上限更优。

图 7 是本申请提供的光纤放大器的多级结构的一例结构示意图。

35 如图 7 (a) 所示, 光纤放大器的结构由单级结构变为多级结构, 其中, 输入光信号经过上述图 5 或图 6 所示的单级光纤放大器放大后, 可以经由增益平坦滤波器 (gain flattening filter, GFF) 702 实现增益整形, 以及可调光衰减器 (variable optical attenuator, VOA) 703 调节光功率, 再进入第二级的单级放大器进行放大。以此类推, 可叠加多级结构, 各放大器之间可设置 GFF 和 VOA, 不同级数的放大器可分别采用图 5 或图 6 所示的单级光纤放大器。其中,

GFF 和 VOA 可以属于前级光纤放大器的输出单元, 此时输出单元还具有对输出的放大后的输入光信号进行增益整形以及调节光功率的功能。

5 根据本申请的光纤放大器, 通过将多模泵产生的多模泵浦激光转化为单模泵浦激光, 从而可以使用输出功率更大、成本更低的多模泵代替输出功率较低且成本较高的单模泵, 有助于降低泵浦成本, 提高光放饱和出光功率。进一步地, 在该实施例中, 输入光信号可以经过多个光纤放大器进行放大, 有助于降低泵浦成本, 提高光放饱和出光功率。

此外, 如图 7 (b) 所示, 为进一步降低成本, 不同级光纤放大器还可以利用波分复用器将单模泵浦激光连接成一个单模泵浦激光环路 715, 实现双包层掺铥光纤、包层泵浦剥离器等器件的复用。

10 图 8 是本申请提供的光纤放大器的多组阵列结构的一例结构示意图。

如图 8 所示, 光纤放大器由单组变为多组的阵列形式, 多组输入光信号并行地经图 5 或图 6 所示的光纤放大器放大。例如, 如图 8 (a) 所示, 由于多模泵 801 具备高功率的输出能力 (可达上百瓦), 因此, 可以通过分束器 802, 将多模泵 801 产生的多模泵浦激光按照一定的能量比分配至不同的光纤放大器作为泵浦输入, 例如, 光纤放大器 803、光纤放大器 804 以及光纤放大器 805。

20 根据本申请的光纤放大器, 通过将多模泵产生的多模泵浦激光转化为单模泵浦激光, 从而可以使用输出功率更大、成本更低的多模泵代替输出功率较低且成本较高的单模泵, 有助于降低泵浦成本, 提高光放饱和出光功率。进一步地, 在该实施例中, 通过分束器将单个多模泵产生的多模泵浦激光按照一定的能量比分配至不同的光纤放大器作为泵浦输入, 可以大幅度提升系统的集成度, 降低泵浦成本。

此外, 如图 8 (b) 所示, 为进一步降低成本, 多组光纤放大器还可以共用多模泵的转换部分, 减少双包层掺铥光纤及无源器件的用量。

图 9 是本申请提供的放大光信号的方法的一例示意性流程图。

S910, 接收输入光信号, 并将该输入光信号输入到第一光路。

25 具体地, 该输入光信号可以是上一段光纤链路中的传输光信号, 也可以是激光器直接输出的光信号。

S920, 产生多模泵浦激光。

其中, 在本申请实施例中, 可以通过多模泵产生多模泵浦激光。

可选地, 该多模泵浦激光的波长范围可以是 880 至 980nm。

30 S930, 根据多模泵浦激光生成第一波长范围的单模泵浦激光, 将第一波长范围的单模泵浦激光在第一光路中反复振荡, 以使得第一波长范围的单模泵浦激光放大输入光信号。

可选地, 第一波长范围可以是 970 至 1030nm。

根据本申请所提供的技术方案, 能够根据多模泵浦激光产生波长范围为 970 至 1030nm 的单模泵浦激光, 用于放大输入光信号, NF 性能较好, 能够满足电信级光纤放大器的要求。

35 其中, 该第一光路可以包括双包层掺铥光纤和掺铒光纤。双包层掺铥光纤用于吸收多模泵浦激光, 产生和放大第一波长范围的单模泵浦激光; 掺铒光纤用于吸收第一波长范围的单模泵浦激光, 放大输入光信号。

根据本申请所提供的技术方案, 能够直接复用现有电信级光纤放大器中的单模掺铒光纤, 保障其可工作光谱带宽与现有产品一致。

其中，在上述方法中可以通过谐振腔结构使得单模泵浦激光能够在第一光路中振荡。

作为一种可能的实现方式，谐振腔可以包括第一光纤光栅和第二光纤光栅，第一光纤光栅和第二光纤光栅对第一波长范围的单模泵浦激光的反射率大于第一阈值，第一光纤光栅和第二光纤光栅对放大后的输入光信号的透射率大于第二阈值。

5 作为示例而非限定，第一阈值可以为 90%，第二阈值可以为 90%。这样，第一光纤光栅和第二光纤光栅对第一波长范围的单模泵浦激光具有较高的反射率（例如，反射率 $\geq 90\%$ ），使得第一波长范围的单模泵浦激光可以在谐振腔中反复震荡，反复穿过掺铒光纤，能够大幅度提高掺铒光纤对单模泵浦激光的吸收，从而提高了泵浦吸收系数，同时由于第一光纤光栅和第二光纤光栅对放大后的输入光信号具有较高的透射率（例如，透射率 $\geq 90\%$ ），使得输入
10 光信号在谐振腔中被放大后，可以顺利的输出，并保证放大后的光信号的 NF 性能。

应理解，在本申请实施例中，还可以根据光纤长度以及对放大后的输入光信号的性能要求等条件，调整上述第一阈值和第二阈值。例如，当掺铒光纤较长时，可以降低第一阈值；当掺铒光纤较短，可以升高第一阈值。又例如，当要求放大后的输入光信号的 NF 性能较高时，可以升高第二阈值，反之，可以降低第二阈值。

15 可选的，第一光纤光栅和第二光纤光栅的波长差值小于第一光纤光栅和第二光纤光栅的反射带宽。

作为另一种可能的实现方式，谐振腔可以包括第一波分复用器和第二波分复用器，第一波分复用器，用于将输入光信号和多模泵浦激光（和/或第一波长范围的单模泵浦激光）耦合进第一光路；第二波分复用器，用于将放大后的输入光信号从第一光路中分离并输出，并将
20 第一波长范围的单模泵浦激光输送给第一波分复用器。

可选地，掺铒光纤为以下任一项：单模掺铒光纤、大模场掺铒光纤、双包层掺铒光纤。S940，输出放大后的输入光信号。

其中，该放大后的输入光信号可以直接输入到下一段光纤链路继续传输，也可以直接输出，用于控制或者探测。

25 根据本申请的光纤放大器，通过将多模泵浦激光转化为单模泵浦激光，从而可以使用输出功率更大、成本更低的多模泵浦代替输出功率较低且成本较高的单模泵浦，有助于降低泵浦成本，提高光放饱和出光功率。

本申请实施例还提供了一种装置，包括处理器和接口。所述处理器可用于执行上述方法实施例中的方法。

30 应理解，上述处理装置可以是一个芯片。例如，该处理装置可以是现场可编程门阵列（field programmable gate array, FPGA），可以是专用集成电路（application specific integrated circuit, ASIC），还可以是系统芯片（system on chip, SoC），还可以是中央处理器（central processor unit, CPU），还可以是网络处理器（network processor, NP），还可以是数字信号处理电路（digital signal processor, DSP），还可以是微控制器（micro controller unit, MCU），还可以是可编程
35 控制器（programmable logic device, PLD）或其他集成芯片。

在实现过程中，上述方法的各步骤可以通过处理器中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。结合本申请实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件处理器执行完成，或者用处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。软件模块可以位于随机存储器，闪存、只读存储器，可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质

中。该存储介质位于存储器，处理器读取存储器中的信息，结合其硬件完成上述方法的步骤。为避免重复，这里不再详细描述。

5 应注意，本申请实施例中的处理器可以是一种集成电路芯片，具有信号的处理能力。在实现过程中，上述方法实施例的各步骤可以通过处理器中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。上述的处理器可以是通用处理器、数字信号处理器（DSP）、专用集成电路（ASIC）、现场可编程门阵列（FPGA）或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。可以实现或者执行本申请实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。结合本申请实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件译码处理器执行完成，或者用译码处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。软件模块可以位于随机存储器，闪存、只读存储器，可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器，处理器读取存储器中的信息，结合其硬件完成上述方法的步骤。

可以理解，本申请实施例中的存储器可以是易失性存储器或非易失性存储器，或可包括易失性和非易失性存储器两者。其中，非易失性存储器可以是只读存储器（read-only memory, ROM）、可编程只读存储器（programmable ROM, PROM）、可擦除可编程只读存储器（erasable PROM, EPROM）、电可擦除可编程只读存储器（electrically EPROM, EEPROM）或闪存。易失性存储器可以是随机存取存储器（random access memory, RAM），其用作外部高速缓存。通过示例性但不是限制性说明，许多形式的RAM可用，例如静态随机存取存储器（static RAM, SRAM）、动态随机存取存储器（dynamic RAM, DRAM）、同步动态随机存取存储器（synchronous DRAM, SDRAM）、双倍数据速率同步动态随机存取存储器（double data rate SDRAM, DDR SDRAM）、增强型同步动态随机存取存储器（enhanced SDRAM, ESDRAM）、同步连接动态随机存取存储器（synchlink DRAM, SLDRAM）和直接内存总线随机存取存储器（direct rambus RAM, DR RAM）。应注意，本文描述的系统和方法的存储器旨在包括但不限于这些和任意其它适合类型的存储器。

25 根据本申请实施例提供的方法，本申请还提供一种计算机程序产品，该计算机程序产品包括：计算机程序代码，当该计算机程序代码在计算机上运行时，使得该计算机执行图9所示实施例的方法。

30 根据本申请实施例提供的方法，本申请还提供一种计算机可读介质，该计算机可读介质存储有程序代码，当该程序代码在计算机上运行时，使得该计算机执行图9所示实施例的方法。

在上述实施例中，可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者其任意组合来实现。当使用软件实现时，可以全部或部分地以计算机程序产品的形式实现。所述计算机程序产品包括一个或多个计算机指令。在计算机上加载和执行所述计算机指令时，全部或部分地产生按照本申请实施例所述的流程或功能。所述计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中，或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输，例如，所述计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或数据中心通过有线（例如同轴电缆、光纤、数字用户线（digital subscriber line, DSL））或无线（例如红外、无线、微波等）方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心进行传输。所述计算机可读存

储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质或者是包含一个或多个可用介质集成的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质（例如，软盘、硬盘、磁带）、光介质（例如，高密度数字视频光盘（digital video disc, DVD））、或者半导体介质（例如，固态硬盘（solid state disc, SSD））等。

5 在本说明书中使用的术语“部件”、“模块”、“系统”等用于表示计算机相关的实体、硬件、固件、硬件和软件的组合、软件、或执行中的软件。例如，部件可以是但不限于，在处理器上运行的进程、处理器、对象、可执行文件、执行线程、程序和/或计算机。通过图示，在计算设备上运行的应用和计算设备都可以是部件。一个或多个部件可驻留在进程和/或执行线程中，部件可位于一个计算机上和/或分布在两个或更多个计算机之间。此外，这些部件可从在上面存储有各种数据结构的各种计算机可读介质执行。10 部件可例如根据具有一个或多个数据分组（例如来自与本地系统、分布式系统和/或网络间的另一部件交互的二个部件的数据，例如通过信号与其它系统交互的互联网）的信号通过本地和/或远程进程来通信。

15 本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各种说明性逻辑块（illustrative logical block）和步骤（step），能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的具体应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

20 所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

25 在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统、装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

30 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

35 以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1. 一种光纤放大器，其特征在于，包括：
多模泵浦单元，用于产生多模泵浦激光；
输入单元，用于将输入光信号和所述多模泵浦激光输入到第一光路，所述第一光路属于
5 于谐振放大单元；
所述谐振放大单元，用于根据所述多模泵浦激光生成第一波长范围的单模泵浦激光，
将所述第一波长范围的单模泵浦激光在所述第一光路中反复振荡，以使得所述第一波长范围
的单模泵浦激光放大所述输入光信号；
输出单元，用于输出放大后的输入光信号。
- 10 2. 根据权利要求1所述的光纤放大器，其特征在于，所述多模泵浦激光的波长范围为
880至980nm，所述第一波长范围为970至1030nm。
3. 根据权利要求1或2所述的光纤放大器，其特征在于，所述第一光路包括：
双包层掺铥光纤，用于吸收所述多模泵浦激光，产生和放大所述第一波长范围的单模
泵浦激光；
15 掺铒光纤，用于吸收所述第一波长范围的单模泵浦激光，放大输入光信号。
4. 根据权利要求3所述的光纤放大器，其特征在于，所述谐振放大单元还包括包层泵
浦剥离器，用于剥除所述双包层掺铥光纤未吸收的所述多模泵浦激光。
5. 根据权利要求4所述的光纤放大器，其特征在于，所述包层泵浦剥离器位于所述掺
铒光纤和所述双包层掺铥光纤之间。
- 20 6. 根据权利要求1至5中任一项所述的光纤放大器，其特征在于，所述谐振放大单元
包括谐振腔，所述谐振放大单元通过所述谐振腔将所述第一波长范围的单模泵浦激光在所
述第一光路中反复振荡。
7. 根据权利要求6所述的光纤放大器，其特征在于，所述谐振腔包括第一光纤光栅和
第二光纤光栅，所述第一光纤光栅和所述第二光纤光栅对所述第一波长范围的单模泵浦激
25 光的反射率大于第一阈值，所述第一光纤光栅和所述第二光纤光栅对所述放大后的输入光
信号的透射率大于第二阈值。
8. 根据权利要求7所述的光纤放大器，其特征在于，所述第一光纤光栅和所述第二光
纤光栅的波长差值小于所述第一光纤光栅和所述第二光纤光栅的反射带宽。
9. 根据权利要求1至6中任一项所述的光纤放大器，其特征在于，所述输入单元还包
30 括第一波分复用器，用于将所述输入光信号和所述多模泵浦激光耦合进所述第一光路。
10. 根据权利要求9所述的光纤放大器，其特征在于，所述输出单元还包括第二波分
复用器，用于将所述放大后的输入光信号从所述第一光路中分离并输出。
11. 根据权利要求1至10中任一项所述的光纤放大器，其特征在于，所述输出单元还
包括增益平坦滤波器和/或可调光衰减器。
- 35 12. 根据权利要求1至11中任一项所述的光纤放大器，其特征在于，所述掺铒光纤为
以下任一项：
单模掺铒光纤、大模场掺铒光纤、双包层掺铒光纤。
13. 一种放大光信号的方法，其特征在于，包括：

接收输入光信号，并将所述输入光信号输入到第一光路；

产生多模泵浦激光；

根据所述多模泵浦激光生成第一波长范围的单模泵浦激光，将第一波长范围的单模泵浦激光在所述第一光路中反复振荡，以使得所述第一波长范围的单模泵浦激光放大所述输入光信号；

5

输出放大后的输入光信号。

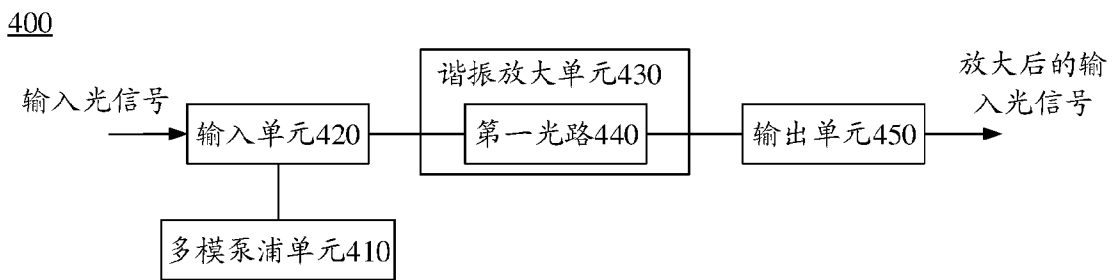
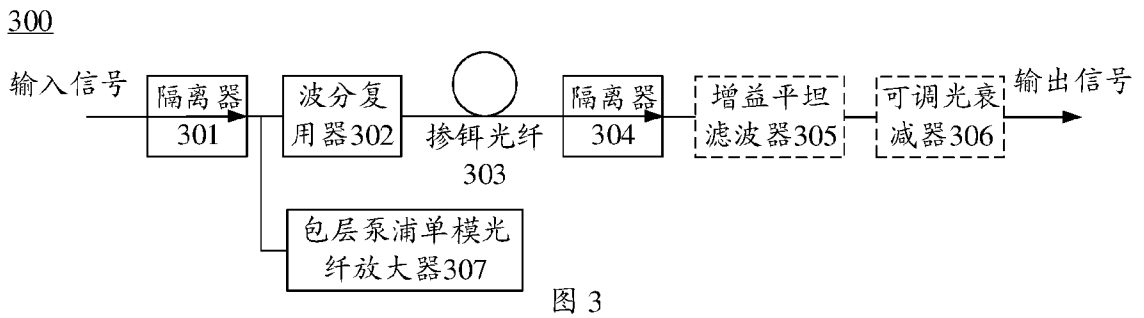
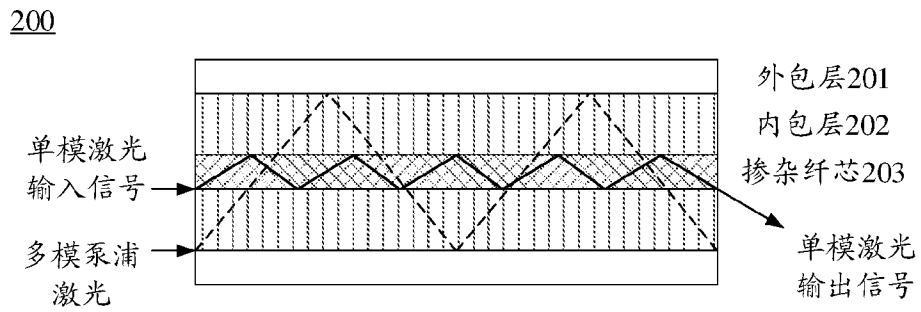
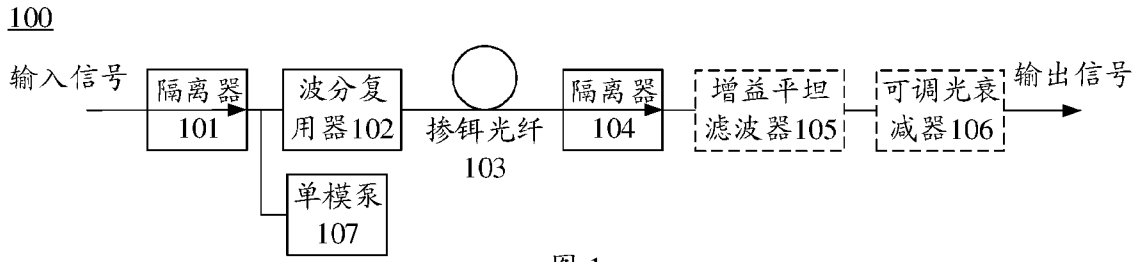
14. 一种光纤通信系统，其特征在于，包括：

多芯传输光纤，所述多芯传输光纤用于传输输入光信号；

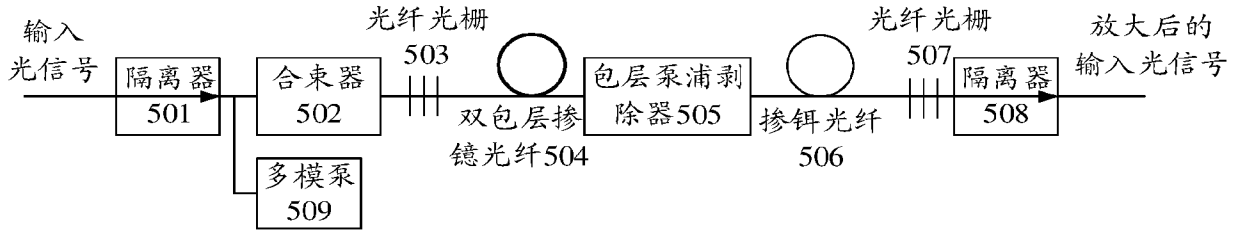
光放站点，所述光放站点包括如权利要求 1 至 12 中任一项所述的光纤放大器，所述光

10 纤放大器用于放大所述输入光信号。

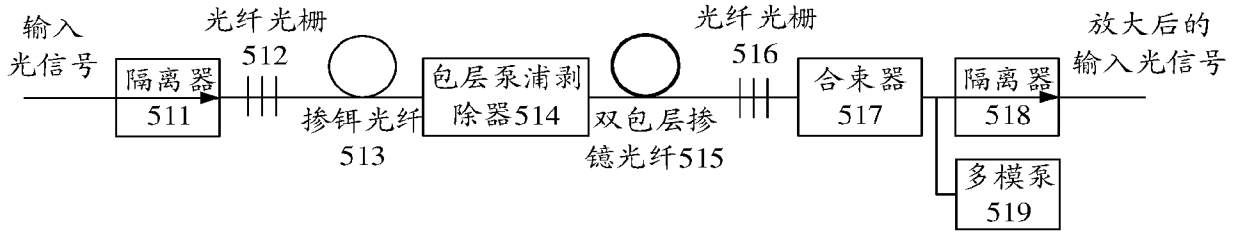
说明书附图



500



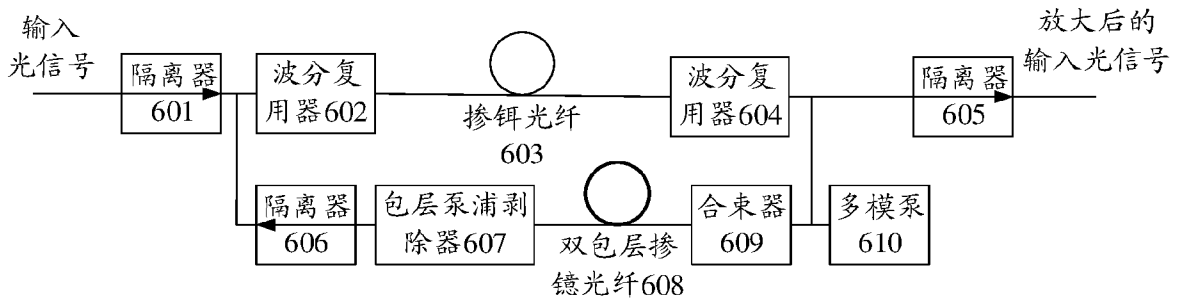
(a)



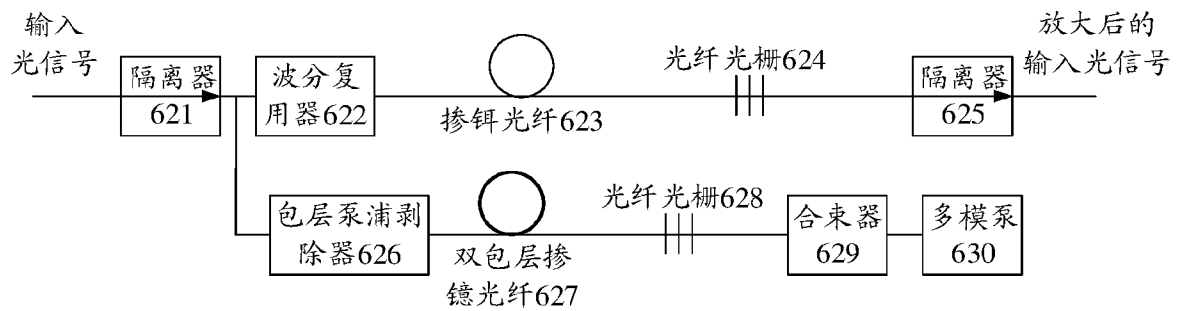
(b)

图 5

600



(a)



(b)

图 6

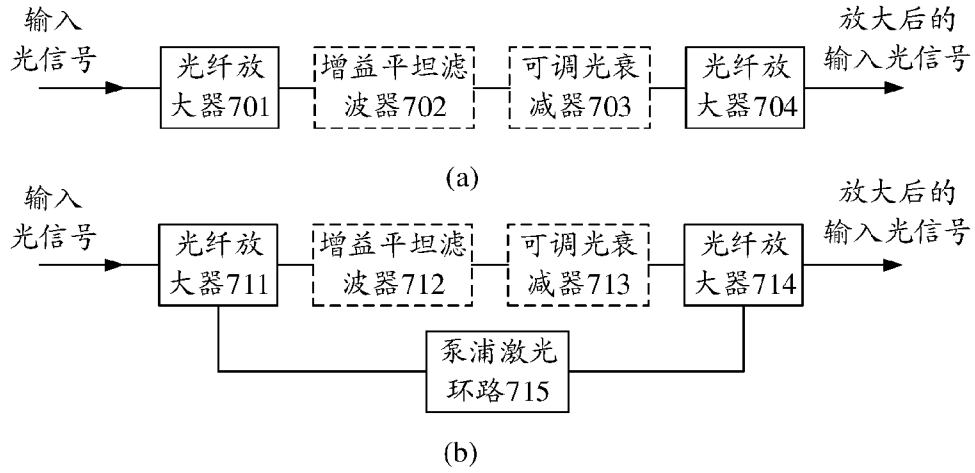


图 7

800

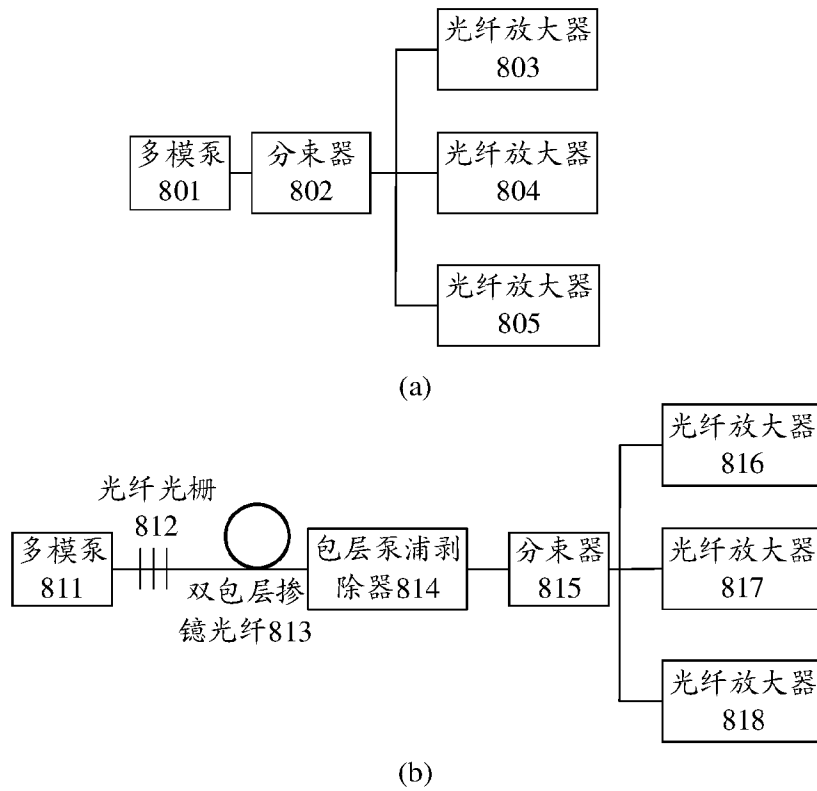


图 8

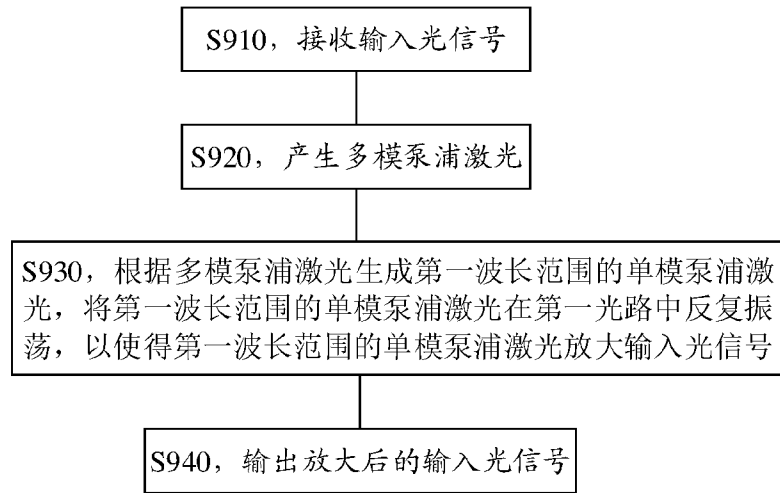
900

图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/138667

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01S3/067(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)		
CNTXT, ENTXTC, ENTXT, VEN: 光纤, 放大器, 多模, 单模, 泵浦, 信号, 谐振, 振荡, 光栅, 双包层, 镜, 锯, fiber, amplifier, multi 1w mode?, sigle 1w mode, pump, signal, input, oscillat+, grating, double 1w clad, Yb, Er		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2008130102 A1 (PYROPHOTONICS LASERS INC.) 05 June 2008 (2008-06-05) description, paragraphs [0007]-[0033], and figure 1	1-14
Y	WO 2021059440 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 01 April 2021 (2021-04-01) description, paragraphs [0018]-[0036], and figure 2	1-14
Y	CN 107453194 A (ZHUHAI GUANGHENG TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 December 2017 (2017-12-08) description, paragraphs [0018]-[0029], and figure 1	1-14
Y	CN 207265406 U (ZHUHAI GUANGHENG TECHNOLOGY CO., LTD.) 20 April 2018 (2018-04-20) description, paragraphs [0018]-[0029], and figure 1	1-14
A	CN 107681425 A (ZHUHAI GUANGHENG TECHNOLOGY CO., LTD.) 09 February 2018 (2018-02-09) entire document	1-14
A	US 2015311666 A1 (IMRA AMERICA, INC.) 29 October 2015 (2015-10-29) entire document	1-14
<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 "D" document cited by the applicant in the international application "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		Date of mailing of the international search report
01 March 2023		08 March 2023
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/138667

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2008130102	A1	05 June 2008	WO	2008061360	A1	29 May 2008
				US	7738166	B2	15 June 2010
WO	2021059440	A1	01 April 2021	US	2022337016	A1	20 October 2022
				JPWO	2021059440	A1	01 April 2021
CN	107453194	A	08 December 2017	None			
CN	207265406	U	20 April 2018	None			
CN	107681425	A	09 February 2018	None			
US	2015311666	A1	29 October 2015	US	9553421	B2	24 January 2017
				US	2017085053	A1	23 March 2017
				DE	112013005821	T5	24 September 2015
				WO	2014062759	A2	24 April 2014
				WO	2014062759	A3	24 July 2014

<p>A. 主题的分类 H01S3/067 (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 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) H01S</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)) CNTXT, ENTXT, ENTXT, VEN: 光纤, 放大器, 多模, 单模, 泵浦, 信号, 谐振, 振荡, 光栅, 双包层, 铋, 铒, fiber, amplifier, multi 1w mode?, sigle 1w mode, pump, signal, input, oscillat+, grating, double 1w clad, Yb, Er</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>Y</td> <td>US 2008130102 A1 (PYROPHOTONICS LASERS INC) 2008年6月5日 (2008 - 06 - 05) 说明书[0007]-[0033]段, 图1</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>WO 2021059440 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE) 2021年4月1日 (2021 - 04 - 01) 说明书[0018]-[0036]段, 图2</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 107453194 A (珠海光恒科技有限公司) 2017年12月8日 (2017 - 12 - 08) 说明书[0018]-[0029]段, 图1</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 207265406 U (珠海光恒科技有限公司) 2018年4月20日 (2018 - 04 - 20) 说明书[0018]-[0029]段, 图1</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107681425 A (珠海光恒科技有限公司) 2018年2月9日 (2018 - 02 - 09) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2015311666 A1 (IMRA AMERICA INC) 2015年10月29日 (2015 - 10 - 29) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> </tbody> </table> <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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	Y	US 2008130102 A1 (PYROPHOTONICS LASERS INC) 2008年6月5日 (2008 - 06 - 05) 说明书[0007]-[0033]段, 图1	1-14	Y	WO 2021059440 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE) 2021年4月1日 (2021 - 04 - 01) 说明书[0018]-[0036]段, 图2	1-14	Y	CN 107453194 A (珠海光恒科技有限公司) 2017年12月8日 (2017 - 12 - 08) 说明书[0018]-[0029]段, 图1	1-14	Y	CN 207265406 U (珠海光恒科技有限公司) 2018年4月20日 (2018 - 04 - 20) 说明书[0018]-[0029]段, 图1	1-14	A	CN 107681425 A (珠海光恒科技有限公司) 2018年2月9日 (2018 - 02 - 09) 全文	1-14	A	US 2015311666 A1 (IMRA AMERICA INC) 2015年10月29日 (2015 - 10 - 29) 全文	1-14
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
Y	US 2008130102 A1 (PYROPHOTONICS LASERS INC) 2008年6月5日 (2008 - 06 - 05) 说明书[0007]-[0033]段, 图1	1-14																					
Y	WO 2021059440 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE) 2021年4月1日 (2021 - 04 - 01) 说明书[0018]-[0036]段, 图2	1-14																					
Y	CN 107453194 A (珠海光恒科技有限公司) 2017年12月8日 (2017 - 12 - 08) 说明书[0018]-[0029]段, 图1	1-14																					
Y	CN 207265406 U (珠海光恒科技有限公司) 2018年4月20日 (2018 - 04 - 20) 说明书[0018]-[0029]段, 图1	1-14																					
A	CN 107681425 A (珠海光恒科技有限公司) 2018年2月9日 (2018 - 02 - 09) 全文	1-14																					
A	US 2015311666 A1 (IMRA AMERICA INC) 2015年10月29日 (2015 - 10 - 29) 全文	1-14																					
国际检索实际完成的日期 2023年3月1日	国际检索报告邮寄日期 2023年3月8日																						
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	授权官员 王艺潼 电话号码 (+86) 010-62085771																						

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/138667

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)
US	2008130102	A1	2008年6月5日	WO	2008061360	A1	2008年5月29日
				US	7738166	B2	2010年6月15日
WO	2021059440	A1	2021年4月1日	US	2022337016	A1	2022年10月20日
				JPWO	2021059440	A1	2021年4月1日
CN	107453194	A	2017年12月8日	无			
CN	207265406	U	2018年4月20日	无			
CN	107681425	A	2018年2月9日	无			
US	2015311666	A1	2015年10月29日	US	9553421	B2	2017年1月24日
				US	2017085053	A1	2017年3月23日
				DE	112013005821	T5	2015年9月24日
				WO	2014062759	A2	2014年4月24日
				WO	2014062759	A3	2014年7月24日