

(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 11 月 25 日 (25.11.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/232834 A1

(51) 国际专利分类号:
H04J 14/02 (2006.01) **H04B 10/294** (2013.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/072545

(22) 国际申请日: 2021 年 1 月 18 日 (18.01.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010423345.3 2020 年 5 月 19 日 (19.05.2020) 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: 郭强 (GUO, Qiang); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129

(CN)。 欧阳奎 (OU, Yangkui); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 刘铭晖 (LIU, Minghui); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 操时宜 (CAO, Shiyi); 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: 北京三高永信知识产权代理有限公司 (BEIJING SAN GAO YONG XIN INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国北京市海淀区学院路蓟门里和景园 A 座 1 单元 102 室, Beijing 100088 (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,

(54) Title: FILTER, OPTICAL AMPLIFIER, COMMUNICATION SYSTEM, FILTERING METHOD AND OPTICAL AMPLIFICATION METHOD

(54) 发明名称: 滤波器、光放大器、通信系统、滤波方法及光放大方法

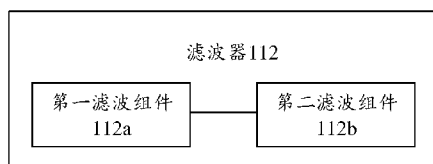


图 1

112 Filter
112a First filtering component
112b Second filtering component

(57) Abstract: A filter, an optical amplifier, a communications system, a filtering method, an optical amplification method, and a storage medium. The filter comprises a first filtering component (112a) and a second filtering component (112b) coupled to each other, wherein the first filtering component (112a) is used to receive optical signals, and filter the optical signals on the basis of a first power difference of signals transmitted by a plurality of frequency bands among the optical signals, the first power difference comprising a difference caused by a first doped optical fiber. A first drive electrical signal is loaded on the second filtering component (112b); the first drive electrical signal is configured to control a frequency response of the second filtering component (112b); the second filtering component (112b) is configured to use the frequency response to filter, on the basis of a second power difference of signals transmitted by the plurality of frequency bands, the optical signals filtered by the first filtering component (112a), the second power difference comprising a difference caused by a stimulated Raman scattering effect. The filter ensures the signal quality of a transmitted optical signal.

(57) 摘要: 一种滤波器、光放大器、通信系统、滤波方法、光放大方法及存储介质。该滤波器包括耦合的第一滤波组件 (112a) 和第二滤波组件 (112b), 其中, 第一滤波组件 (112a) 用于接收光信号, 基于光信号中多个频带所传输的信号的第一功率差异对光信号进行滤波, 第一功率差异包括由第一掺杂光纤引起的差异。第二滤波组件 (112b) 上加载有第一驱动电信号, 第一驱动电信号用于控制第二滤波组件 (112b) 的频率响应, 第二滤波组件 (112b) 用于采用频率响应, 基于多个频带所传输的信号的第二功率差异对第一滤波组件 (112a) 滤波后的光信号进行滤波, 第二功率差异包括由受激拉曼散射效应引起的差异。该滤波器保证被传输的光信号的信号质量。

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))。

滤波器、光放大器、通信系统、滤波方法及光放大方法

本申请要求于 2020 年 5 月 19 日提交中国国家知识产权局、申请号为 202010423345.3、发明名称为“滤波器、光放大器、通信系统、滤波方法及光放大方法”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，特别涉及一种滤波器、光放大器、通信系统、滤波方法及光放大方法。

背景技术

目前，各大通信运营商均使用光纤传输通信信号。而保证通信信号在光纤传输过程中的信号质量是各大通信运营商保证服务质量的重要手段。

然而，在光纤传输通信信号的过程中，通信信号可能受到多种因素的干扰，导致光纤传输的通信质量下降。例如，对于同时使用同一根光纤传输的多个频带的通信信号，该多个频带的通信信号在光纤的受激拉曼散射（Stimulated Raman Scattering, SRS）效应和用于对信号进行放大的掺杂光纤的影响下，该多个频带的通信信号的功率会出现差异，导致通信信号中短波的光信噪比（optical signal to noise ratio, OSNR）下降，同时通信信号中长波的非线性效应变强。

因此，提出一种对通信信号进行滤波的滤波器，对保证光纤传输过程中的信号质量具有重要的意义。

发明内容

本申请提供了一种滤波器、光放大器、通信系统、滤波方法及光放大方法，可以解决目前的问题。

第一方面，本申请提供了一种滤波器，该滤波器包括：耦合的第一滤波组件和第二滤波组件。其中，第一滤波组件用于接收光信号，基于光信号中多个频带所传输的信号的第一功率差异对光信号进行滤波，第一功率差异包括由第一掺杂光纤引起的差异。第二滤波组件上加载有第一驱动电信号，第一驱动电信号用于控制第二滤波组件的频率响应，第二滤波组件用于采用频率响应，基于多个频带所传输的信号的第二功率差异对第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波，第二功率差异包括由受激拉曼散射效应引起的差异。

在本申请提供的滤波器中，通过第一滤波组件基于光信号中多个频带所传输的信号的第一功率差异对光信号进行滤波，通过第二滤波组件由第一驱动电信号所控制的频率响应，基于多个频带所传输的信号的第二功率差异对第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波，至少能够降低甚至消除第一掺杂光纤和受激拉曼散射效应对光信号产生的干扰，从而保证被传输的光信号的信号质量。并且，由于第二滤波组件是使用由第一驱动电信号控制的频率响应对光信号进行滤波的，使得该第二滤波组件的成本降低，能够在保证对光信号的滤波效果的基础上，控制滤波器的成本。

可选的，第二滤波组件还用于在第二驱动电信号的控制下，调整第二滤波组件允许通过

的波长的范围。

通过第二驱动电信号控制第二滤波组件的频率响应的相位，对第二滤波组件允许通过的波长的范围进行调整，使得第二滤波组件能够对多个波段的光信号进行滤波，提高了该第二滤波组件的兼容性。

并且，在一种可实现方式中，滤波器还可以包括：分别与第一滤波组件、第二滤波组件耦合的控制组件。该控制组件用于基于第一滤波组件滤波后的光信号，获取第二功率差异，基于第二功率差异向第二滤波组件提供第一驱动电信号。

该控制组件能够实时检测第二功率差异，以根据检测到的第二功率差异实时调整第二驱动电信号。通过实时检测第二功率差异，以实时调整第一驱动电信号，使得在第一驱动电信号控制下的第二滤波组件的频率响应与第二功率差异能够更匹配，能够有效保证第二滤波组件的滤波效果。例如，若滤波器所在的光纤传输支路中出现增波或掉波的情况，或者，当滤波器所在的通信系统的配置在不同的波段之间进行切换时，通信光纤中的受激拉曼散射效应也会出现差异，此时，通过控制组件能够较准确地确定光信号的第二功率差异，并根据该第二功率差异向第二滤波组件提供第一驱动电信号，以保证滤波器的滤波效果。

其中，控制组件可以包括：依次耦合的采样结构、探测结构和处理结构。采样结构用于在第一滤波组件滤波后的光信号中，采样两个或两个以上频带所传输的信号。探测结构用于获取采样结构采样得到的每个频带所传输的信号的功率。处理结构用于基于采样得到的两个或两个以上频带所传输的信号的功率，获取第二功率差异，基于第二功率差异确定第一驱动电信号，向第二滤波组件提供第一驱动电信号。

进一步的，控制组件可以包括：一个处理结构、多个采样结构和与多个采样结构对应的多个探测结构，采样结构与对应的探测结构耦合，多个探测结构均与处理结构耦合。每个采样结构用于在第一滤波组件滤波后的光信号中，采样一个频带所传输的信号。每个探测结构用于获取对应的采样结构采样得到的频带所传输的信号的功率。

这样一来，各个探测结构获取的信号的功率不会受到其他信号的影响，能够提高获取的第二功率差异的准确性，进一步提高第二滤波组件的滤波效果。

在另一种可实现方式中，滤波器还包括：与第二滤波组件耦合的控制组件。控制组件用于基于滤波器所在光纤传输支路的总输入功率和光纤传输支路所传输的光信号的频带宽度，获取第二功率差异，基于第二功率差异确定第一驱动电信号，向第二滤波组件提供第一驱动电信号。

可选的，第一滤波组件的频率响应基于目标数量个频带所传输的信号因掺杂光纤引起的功率差异确定，该目标数量小于掺杂光纤允许通过的频带的总数。示例的，目标数量为总数的一半。

通常的，由于掺杂光纤中实际传输的光信号的频带的总数可能会发生变化，且当掺杂光纤中实际传输的光信号的频带的总数与用于确定第一滤波组件的频率响应的指定数量的差值越小时，第一滤波组件的频率响应与实际传输的光信号因掺杂光纤引起的功率差异更匹配，则采用第一滤波组件对光信号进行滤波的效果越好。因此，当根据掺杂光纤允许通过的频带的总数的一半确定第一滤波组件的频率响应时，相较于根据掺杂光纤允许通过的频带的总数确定第一滤波组件的频率响应，掺杂光纤中实际传输的光信号的频带的总数与掺杂光纤允许通过的频带的总数的一半的差值，在较大概率上小于掺杂光纤中实际传输的光信号的频带的

总数与掺杂光纤允许通过的频带的总数的差值，使得根据掺杂光纤允许通过的频带的总数的一半确定的第一滤波组件频率响应在较大概率上与第一掺杂光纤引起的功率差异更匹配，相应的，能够提高第一滤波组件的频率响应与第一功率差异匹配的概率，从而保证使用第一滤波组件滤波的有效性。

在一种可实现方式中，第一滤波组件包括：增益平坦滤波器；和/或，第二滤波组件包括：可变增益倾斜滤波器。

可选的，第二滤波组件的材料可以为以下一种或多种的组合：陶瓷、铌酸锂电光材料和钛酸铌电光材料。

第二方面，本申请提供了一种光放大器，该光放大器包括：耦合的第一掺杂光纤和第一方面提供的滤波器。其中，第一掺杂光纤用于使用第一掺杂光纤中的掺杂离子对光信号进行放大。

在本申请提供的光放大器中，通过第一掺杂光纤对光信号进行放大，通过第一滤波组件基于经过放大后光信号中多个频带所传输的信号的第一功率差异，对经过放大后的光信号进行滤波，通过第二滤波组件由第一驱动电信号所控制的频率响应，基于多个频带所传输的信号的第二功率差异对第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波，能够对光信号进行放大，且至少能够降低甚至消除掺杂光纤和受激拉曼散射效应对光信号产生的干扰，从而保证被传输的光信号的信号质量。并且，由于第二滤波组件是使用由第一驱动电信号控制的频率响应对光信号进行滤波的，使得该第二滤波组件的成本降低，能够在保证对光信号的滤波效果的基础上，控制滤波器的成本。

可选的，为保证光放大器的放大效果，光放大器还可以包括：与滤波器耦合的第二掺杂光纤，该第二掺杂光纤用于对经过滤波器滤波后的光信号进行饱和放大并输出。

第三方面，本申请提供了一种通信系统，通信系统包括：第二方面提供的光放大器。

在通信系统的第一种部署方式中，可以在光信号出现功率差异后，使用本申请提供的滤波器对功率差异进行滤波，以对抗通信光纤中受激拉曼散射效应。此时，通信系统还包括：多段通信光纤，通信光纤用于传输光信号，每段通信光纤的输出端均与一个或多个光放大器耦合。

在通信系统的第二种部署方式中，可以先使用本申请提供的滤波器对光信号进行预滤波，并使用该预滤波的光信号的功率差异对抗通信光纤中受激拉曼散射效应，从而实现根据功率差异对光信号进行滤波的目的。此时，通信系统还可以包括：多段通信光纤，通信光纤用于传输光信号，每段通信光纤的输入端均与一个或多个光放大器耦合。

第四方面，本申请提供了一种滤波方法，滤波方法应用于第一方面提供的滤波器，该滤波器包括：耦合的第一滤波组件和第二滤波组件，该滤波方法包括：接收光信号；通过第一滤波组件基于光信号中多个频带所传输的信号的第一功率差异对光信号进行滤波，第一功率差异包括由第一掺杂光纤引起的差异；通过第二滤波组件由第一驱动电信号所控制的频率响应，基于多个频带所传输的信号的第二功率差异对第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波，第二功率差异包括由受激拉曼散射效应引起的差异。

可选的，滤波方法还包括：调整向第二滤波组件提供的第二驱动电信号，以调整第二滤波组件允许通过的波长的范围。

可选的，滤波器还包括：分别与第一滤波组件、第二滤波组件耦合的控制组件，在通过第二滤波组件由第一驱动电信号所控制的频率响应，基于多个频带所传输的信号的第二功率差异对第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波之前，滤波方法还包括：通过控制组件基于第一滤波组件滤波后的光信号，获取第二功率差异；通过控制组件基于第二功率差异向第二滤波组件提供第一驱动电信号。

可选的，基于第一滤波组件滤波后的光信号，获取第二功率差异，包括：在第一滤波组件滤波后的光信号中，采样两个或两个以上频带所传输的信号；获取采样得到的每个频带所传输的信号功率；基于采样得到的两个或两个以上频带所传输的信号功率，获取第二功率差异。

可选的，基于第二功率差异向第二滤波组件提供第一驱动电信号，包括：基于第二功率差异确定第一驱动电信号；向第二滤波组件提供第一驱动电信号。

可选的，在通过第二滤波组件由第一驱动电信号所控制的频率响应，基于多个频带所传输的信号的第二功率差异对第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波之前，滤波方法还包括：基于滤波器所在光纤传输支路的总输入功率和光纤传输支路所传输的光信号的频带宽度，获取第二功率差异；基于第二功率差异确定第一驱动电信号；向第二滤波组件提供第一驱动电信号。

第五方面，本申请提供了一种光放大方法，光放大方法应用于第二方面提供的光放大器，该光放大器包括：耦合的第一掺杂光纤和第一方面提供的滤波器，该光放大方法包括：采用第一掺杂光纤对光信号进行放大；采用滤波器对经过第一掺杂光纤放大后的光信号，采用第四方面提供的滤波方法进行滤波。

第六方面，本申请提供了一种存储介质，当存储介质中的指令被处理器执行时，实现第四方面提供的滤波方法。

第七方面，提供了一种包含指令的第一计算机程序产品，当第一计算机程序产品在计算机上运行时，使得计算机执行第四方面提供的滤波方法。

附图说明

图1是本申请实施例提供的一种滤波器的结构示意图；

图2是本申请实施例提供的一种光信号的功率谱的示意图；

图3是本申请实施例提供的一种第一滤波组件的频率响应的示意图；

图4是本申请实施例提供的一种经过第一滤波组件滤波后的光信号的功率谱的示意图；

图5是本申请实施例提供的一种第二滤波组件的频率响应的示意图；

图6是本申请实施例提供的一种经过第二滤波组件滤波后的光信号的功率谱的示意图；

图7是本申请实施例提供的另一种滤波器的结构示意图；

图 8 是本申请实施例提供的又一种滤波器的结构示意图;

图 9 是本申请实施例提供的再一种滤波器的结构示意图;

图 10 是本申请实施例提供的又一种滤波器的结构示意图;

图 11 是本申请实施例提供的一种光放大器的结构示意图;

图 12 是本申请实施例提供的另一种光放大器的结构示意图;

图 13 是本申请实施例提供的又一种光放大器的结构示意图;

图 14 是本申请实施例提供的一种通信系统的结构示意图;

图 15 是本申请实施例提供的另一种通信系统的结构示意图;

图 16 是本申请实施例提供的一种通信系统的配置由 C 波段切换到 C+L 波段的示意图;

图 17 是本申请实施例提供的一种滤波方法的流程图;

图 18 是本申请实施例提供的一种通过控制组件基于第一滤波组件滤波后的光信号, 获取第二功率差异的方法流程图;

图 19 是本申请实施例提供的一种光放大方法的流程图。

具体实施方式

为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚, 下面将结合附图对本申请实施方式作进一步地详细描述。

为便于理解, 下面先对本申请实施例中涉及的名词进行解释。

C 波段、L 波段和超级 C 波段分别为不同的传输频带。例如, C 波段为波长从 1530nm-1565nm 的一段频带, L 波段为波长在 1565-1625nm 的一段频带。

受激拉曼散射 (Stimulated Raman Scattering, SRS) 效应: 高强度的激光和物质分子发生强烈的相互作用后, 使得散射过程具有受激发射的性质, 这种受激发射的散射光是拉曼散射光, 所以这一种非线性光学效应称受激拉曼散射效应。受激拉曼散射效应会影响传输的光信号的功率。并且, 受激拉曼散射效应对不同频带传输的光信号的功率影响程度不同。例如, 对于在同一根通信光纤中传输的多个频带的光信号, 该多个频带的光信号的初始功率相同, 即多个频带的光信号的初始功率谱的斜率为 0, 在受激拉曼散射效应的影响下, 多个频带的光信号的功率会受到不同程度的影响, 使得多个频带的光信号的功率谱的斜率由 0 变成正数, 即功率谱出现了倾斜的情况。

光信噪比 (optical signal to noise ratio, OSNR): 光信号的功率与 0.1 纳米 (nm) 内噪声功率间的比值。光信噪比用于衡量光信号的质量, 光信噪比越高, 光信号的质量越好。

电光材料 (electro optic materials): 具有电光效应的光学功能材料。利用电光材料的电光效应可以实现对光信号的调制。其中, 电光效应是指在外加电场作用下, 材料的折射率发生变化的现象。

在光纤传输过程中, 保证光信号的信号质量具有重要的意义。一般的, 在使用通信光纤传输光信号时, 光信号会在传输过程中出现信号衰减的情况。针对此, 通信运营商还会在通信传输链路中设置光放大器, 以对光信号进行放大, 使得传输至目的地的光信号能够满足使用需求。并且, 通信光纤和光放大器在光纤传输链路中的部署方式为: 光信号从发射机发出后, 先由一段具有一定长度的通信光纤传输该光信号, 然后采用光放大器对经过通信光纤传

输后的光信号进行放大，再由一段具有一定长度的通信光纤传输该光信号，然后再采用光放大器对经过通信光纤传输后的光信号进行放大，如此循环，直至将光信号传输至目的地（例如接收机）。

但是，在光纤传输光信号的过程中，光信号可能受到多种因素的干扰，也会导致光纤传输的光信号的信号质量下降。例如，对于同时使用同一根光纤传输的 M 个频带的光信号，该 M 个频带的光信号的初始功率分别为 P_1 、 P_2 、.....、 P_M ，且 $P_1=P_2=.....=P_M$ ，该多个频带的光信号在光纤的受激拉曼散射效应，及光放大器中用于对信号进行放大的掺杂光纤的影响下，光信号中的短波的功率向长波转移，使得该 M 个频带的光信号的功率依次变为 P_1' 、 P_2' 、.....、 P_M' ，且 $P_1' < P_2' < < P_M'$ ，及即该 M 个频带的光信号的功率出现了差异，导致光信号中短波的光信噪比下降，同时光信号中长波的非线性效应变强。其中，同时使用同一根光纤传输的多个频带的信号用于承载不同的信息。

针对此，本申请实施例提供了一种滤波器。如图 1 所示，该滤波器 112 包括：耦合的第一滤波组件 112a 和第二滤波组件 112b。

第一滤波组件 112a 用于接收光信号，基于光信号中多个频带所传输的信号的第一功率差异对光信号进行滤波。其中，第一功率差异包括由第一掺杂光纤 111 引起的差异。且功率差是指多个频带所传输的信号功率之间的差异。

第二滤波组件 112b 上加载有第一驱动电信号，第一驱动电信号用于控制第二滤波组件 112b 的频率响应，第二滤波组件 112b 用于采用由第一驱动电信号控制的频率响应，基于多个频带所传输的信号的第二功率差异，对经过第一滤波组件 112a 滤波后的光信号进行滤波。其中，第二功率差异包括由受激拉曼散射效应引起的差异。

由上可知，在本申请实施例提供的滤波器 112 中，通过第一滤波组件 112a 基于光信号中多个频带所传输的信号的第一功率差异对光信号进行滤波，通过第二滤波组件 112b 由第一驱动电信号所控制的频率响应，基于多个频带所传输的信号的第二功率差异对第一滤波组件 112a 滤波后的光信号进行滤波，至少能够降低甚至消除掺杂光纤和受激拉曼散射效应对光信号产生的干扰，例如，滤波器 112 输出的光信号中多个频带所传输的信号功率差异可以小于 ± 3 分贝（db），能够保证被传输的光信号的信号质量。

其中，第一滤波组件 112a 可以具有固定的频率响应，该频率响应可以根据光信号产生的第一功率差异确定。因此，当光信号通过该第一滤波组件 112a 时，在该第一滤波组件 112a 的频率响应的作用下，可以达到对光信号进行滤波的效果。示例的，图 2 是光信号的功率谱的示意图，根据该图 2 可知该光信号的增益不平坦度为 d_1 ，图 3 是第一滤波组件 112a 的频率响应的示意图，图 4 是经过第一滤波组件 112a 滤波后的光信号的功率谱的示意图。根据图 4 可知经过第一滤波组件 112a 滤波后的光信号的增益不平坦度为 d_2 ，且 $d_2 < d_1$ ，即第一滤波组件 112a 对光信号的功率差异进行了补偿，因此，可以确定通过第一滤波组件 112a 的频率响应对光信号进行作用，达到了对光信号进行滤波的效果。

可选的，可以预先估算光信号的第一功率差异，然后根据该第一功率差异确定第一滤波组件 112a 的频率响应，以保证使用该第一滤波组件 112a 对光信号的第一功率差异进行滤波的滤波效果。示例的，当第一功率差异为由掺杂光纤引起的差异时，在使用具有一定掺杂浓度的掺杂光纤对使用一定频带传输的光信号进行放大时，由于掺杂光纤的掺杂浓度确定，且

被放大的光信号的频带确定，因此，可以根据该掺杂浓度和频率估算光信号在掺杂光纤的作用下产生的第一功率差异。需要说明的是，当第一功率差异还包括由其他因素引起的差异时，还可以根据该其他因素估算该第一功率差异，本申请实施例对其不做具体限定。

并且，第一滤波组件 112a 的频率响应可以基于光信号中目标数量个频带所传输的信号因掺杂光纤引起的功率差异确定，且该目标数量小于掺杂光纤允许通过的频带的总数。在一种可实现方式中，该目标数量可以为掺杂光纤允许通过的频带的总数的一半。例如，当采用光纤传输 C 波段的光信号时，掺杂光纤允许通过的频带的总数为 80，则可以根据 40 个频带所传输的信号因掺杂光纤引起的功率差异确定第一滤波组件 112a 的频率响应。

通常的，在第一滤波组件 112a 投入使用前需要预先设置第一滤波组件 112a 的频率响应，且第一滤波组件 112a 的频率响应是基于掺杂光纤允许通过的光信号中指定数量个频带所传输的信号因掺杂光纤引起的功率差异确定的。并且，由于掺杂光纤中实际传输的光信号的频带的总数可能会发生变化，且当掺杂光纤中实际传输的光信号的频带的总数与用于确定第一滤波组件 112a 的频率响应的指定数量的差值越小时，第一滤波组件 112a 的频率响应与实际传输的光信号因掺杂光纤引起的功率差异更匹配，则采用第一滤波组件 112a 对光信号进行滤波的效果越好。因此，当根据掺杂光纤允许通过的频带的总数的一半确定第一滤波组件 112a 的频率响应时，相较于根据掺杂光纤允许通过的频带的总数确定第一滤波组件 112a 的频率响应，掺杂光纤中实际传输的光信号的频带的总数与掺杂光纤允许通过的频带的总数的一半的差值，在较大概率上小于掺杂光纤中实际传输的光信号的频带的总数与掺杂光纤允许通过的频带的总数的差值，使得根据掺杂光纤允许通过的频带的总数的一半确定的第一滤波组件 112a 频率响应在较大概率上与第一掺杂光纤引起的功率差异更匹配，相应的，能够提高第一滤波组件 112a 的频率响应与第一功率差异匹配的概率，从而保证使用第一滤波组件 112a 滤波的有效性。其中，第一滤波组件 112a 的频率响应与第一功率差异匹配是指通过第一滤波器 112 对光信号进行滤波后，能够将第一功率差异完全消除。

第二滤波组件 112b 的频率响应可以由第一驱动电信号控制。当光信号通过该第一滤波组件 112a 时，在该第一滤波组件 112a 的频率响应的作用下，可以达到对光信号进行滤波的效果。示例的，图 4 是经过第一滤波组件 112a 滤波后的光信号的功率谱的示意图，根据该图 4 可知该光信号的功率谱还存在一定程度的倾斜，且光信号的增益不平坦度为 d_2 ，该增益不平坦可能是因受激拉曼散射效应导致，因此，可以使用第二滤波组件 112b 对该光信号进行滤波。图 5 是第二滤波组件 112b 的频率响应的示意图。图 6 是经过第二滤波组件 112b 滤波后的光信号的功率谱的示意图。根据图 6 可知经过第二滤波组件 112b 滤波后的光信号的增益不平坦度为 d_3 ，且 $d_3 < d_2$ ，即第二滤波组件 112b 对光信号的功率差异进行了补偿，因此，可以确定通过第二滤波组件 112b 的频率响应对光信号进行作用，达到了对光信号进行滤波的效果。

可选的，也可以预先获取光信号的第二功率差异，然后基于该第二功率差异确定第一驱动信号，再向第二滤波组件 112b 提供该第一驱动电信号，使得第二滤波组件 112b 使用在该第一驱动电信号控制下的频率响应，对光信号的第二功率差异进行滤波，以保证使用该第二滤波组件 112b 对光信号的第二功率差异进行滤波的滤波效果。

示例的，当第二功率差异为由受激拉曼散射效应引起的差异时，则可以根据影响受激拉曼散射效应强弱程度的因素获取该第二功率差异。

在获取第二功率差异的第一种可实现方式中，可以在滤波器 112 的使用过程中实时估算

该第二功率差异，以根据该第二功率差异动态地调整第一驱动电信号。此时，可以根据滤波器 112 所在光纤传输支路的实际总输入功率、光纤传输支路实际传输的光信号的频带宽度和引起受激拉曼散射效应的通信光纤 12 的总长度，估算该第二功率差异。并且，通过根据光纤传输光信号的实时情况获取第二功率差异，以动态地调整第一驱动电信号，使得在第一驱动电信号控制下的第二滤波组件 112b 的频率响应与第二功率差异能够更匹配，能够有效保证第二滤波组件 112b 的滤波效果。

在获取第二功率差异的第二种可实现方式中，可以实时检测第二功率差异，以根据检测到的第二功率差异实时调整第二驱动电信号。通过实时检测第二功率差异，以实时调整第一驱动电信号，使得在第一驱动电信号控制下的第二滤波组件 112b 的频率响应与第二功率差异能够更匹配，能够有效保证第二滤波组件 112b 的滤波效果。

可选的，如图 7 和图 8 所示，滤波器 112 还可以包括：控制组件 112c。上述获取第二功率差异，基于第二功率差异确定第一驱动电信号，并向第二滤波组件 112b 提供第一驱动电信号的操作可以由该控制组件 112c 执行。

并且，对应于获取第二功率差异的不同实现方式，该控制组件 112c 的实现方式也不同。

例如，对应于获取第二功率差异的第一种和第二种可实现方式，如图 7 所示，控制组件 112c 可以与第二滤波组件 112b 耦合，且控制组件 112c 在获取第二功率差异后，可以基于第二功率差异确定第一驱动电信号，并向第二滤波组件 112b 提供第一驱动电信号。

又例如，对应于获取第二功率差异的第三种可实现方式，如图 8 所示，控制组件 112c 分别与第一滤波组件 112a、第二滤波组件 112b 耦合，且控制组件 112c 可以通过对第一滤波组件 112a 滤波后的光信号进行实时检测，获取第二功率差异，然后基于第二功率差异确定第一驱动电信号，并向第二滤波组件 112b 提供第一驱动电信号。

在一种可实现方式中，如图 9 所示，控制组件 112c 包括：依次耦合的采样结构 112c1、探测结构 112c2 和处理结构 112c3，各个结构的作用分别如下：

采样结构 112c1 用于在第一滤波组件 112a 滤波后的光信号中，采样两个或两个以上频带所传输的信号。可选的，该采样结构 112c1 可以为滤波器。

探测结构 112c2 用于获取采样结构 112c1 采样得到的每个频带所传输的信号的功率。可选的，该探测结构 112c2 可以为光探测器 114 (photo detector)。

处理结构 112c3 用于基于采样得到的两个或两个以上频带所传输的信号的功率，获取第二功率差异，基于第二功率差异确定第一驱动电信号，向第二滤波组件 112b 提供第一驱动电信号。在一种实现方式中，处理结构 112c3 中可以存储有功率差异与驱动信号的对应关系，在处理结构 112c3 获取第二功率差异后，可以根据该第二功率差异查询该对应关系，以得到与该第二功率差异对应的第一驱动电信号。

进一步的，如图 10 所示，控制组件 112c 可以包括：一个处理结构 112c3、多个采样结构 112c1 和与多个采样结构 112c1 对应的多个探测结构 112c2，采样结构 112c1 与对应的探测结构 112c2 耦合，多个探测结构 112c2 均与处理结构 112c3 耦合。并且，每个采样结构 112c1 用于在第一滤波组件 112a 滤波后的光信号中，采样一个频带所传输的信号。相应的，每个探测结构 112c2 用于获取对应的采样结构 112c1 采样得到的频带所传输的信号的功率。这样一来，各个探测结构 112c2 获取的信号的功率不会受到其他信号的影响，能够提高获取的第二功率差异的准确性，进一步提高第二滤波组件 112b 的滤波效果。

下面以图 10 所示的滤波器 112 为例，对滤波器 112 的滤波原理进行说明。光信号进入第一滤波组件 112a 后，第一滤波组件 112a 可以基于第一功率差异对光信号进行滤波。经过第一滤波组件 112a 滤波后的信号，一部分进入第二滤波组件 112b，另一部分进入多个采样结构 112c1。每个采样结构 112c1 在滤波后的光信号中采样一个频带所传输的信号，并将采样后的信号耦合至与其对应的探测结构 112c2。探测结构 112c2 获取耦合至该探测结构 112c2 的信号功率，并将该信号的功率反馈至处理结构 112c3。处理结构 112c3 根据多个探测结构 112c2 反馈的多个频带所传输的信号功率确定第二功率差异，并根据该第二功率差异查询功率差异与驱动电信号的对应关系，以得到用于控制第二滤波组件 112b 的第一驱动电信号，并向第二滤波组件 112b 提供该第一驱动电信号。经第一滤波组件 112a 滤波后的光信号进入第二滤波组件 112b 后，第二滤波组件 112b 使用由第一驱动信号控制的频率响应，对经第一滤波组件 112a 滤波后的光信号进行滤波。

其中，第二滤波组件 112b 可以由具有电光系数的电光材料制成。相应的，第一驱动电信号控制第二滤波组件 112b 的频率响应的实现方式可以为：第一驱动信号通过第二滤波组件 112b 的电光系数调整第二滤波组件 112b 的频率响应。

并且，为了保证第一驱动信号对第二滤波组件 112b 的频率响应的调节速度，该第二滤波组件 112b 可以由具有较高电光系数的电光材料制成。例如，第二滤波组件 112b 的电光材料额定电光系数可以大于 1×10^{-16} 每平方伏特平方米 (m^2/V^2)。示例的，第二滤波组件 112b 的材料可以为以下一种或多种的组合：陶瓷、铌酸锂电光材料和铌酸锂电光材料。

当第二滤波组件 112b 使用具有较高电光系数的电光材料制成时，能够通过第一驱动电信号实现对第二滤波组件 112b 的频率响应的快速调节，使得第二滤波组件 112b 能够快速针对受激拉曼散射效应的变化产生反应，快速地对光信号的第二功率差异进行滤波，能够保证对光信号进行滤波的即时性。相应的，能够将该滤波器 112 用于不同波段或者不同频段的光信号的滤波，例如，可以用于对 C 波段光信号、L 波段光信号、超级 C 波段光信号、C 波段+L 波段光信号、C 波段光信号+L 波段光信号+超级 C 波段光信号、以及更高频率的光信号的滤波，保证了滤波器 112 的使用范围。

可选的，第一滤波组件 112a 可以包括：增益平坦滤波器 (gain flattening filter, GFF)。和/或，第二滤波组件 112b 可以包括：可变增益倾斜滤波器 (variable gain tilt filter, VGTF)。

并且，根据前述内容可知，第二滤波组件 112b 基于第二功率差异对光信号进行滤波，是通过第一驱动电信号控制该第二滤波组件 112b 的频率响应的振幅实现的。然而，还可以向第二滤波组件 112b 加载第二驱动电信号，该第二驱动电信号可以通过控制该第二滤波组件 112b 的频率响应的相位，对第二滤波组件 112b 允许通过的波长的范围进行调整，使得第二滤波组件 112b 能够对多个波段的光信号进行滤波，提高了该第二滤波组件 112b 的兼容性。

示例的，当第二滤波组件 112b 为可变增益倾斜滤波器，该可变增益倾斜滤波器的频率响应为正弦波，通过第一驱动电信号可以控制该可变增益倾斜滤波器的频率响应的振幅，可以调整可变增益倾斜滤波器对光信号的滤波效果，通过第二驱动信号可以控制该可变增益倾斜滤波器的频率响应的相位，可以调整第二滤波组件 112b 允许通过的波长的范围，使得第二滤波组件 112b 可以用对不同波段的光信号进行滤波。

综上所述，在本申请实施例提供的滤波器中，通过第一滤波组件基于光信号中多个频带所传输的信号的第一功率差异对光信号进行滤波，通过第二滤波组件由第一驱动电信号所控

制的频率响应，基于多个频带所传输的信号的第二功率差异对第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波，至少能够降低甚至消除掺杂光纤和受激拉曼散射效应对光信号产生的干扰，从而保证被传输的光信号的信号质量。并且，由于第二滤波组件是使用由第一驱动电信号控制的频率响应对光信号进行滤波的，使得该第二滤波组件的成本降低，能够在保证对光信号的滤波效果的基础上，控制滤波器的成本。

本申请实施例还提供了一种光放大器。如图 11 所示，该光放大器 11 可以包括：光隔离器 113、光探测器 114、泵浦激光器 115、控制器 116、波分复用器（wavelength division multiplexing, WDM）117、第一掺杂光纤 111 和本申请实施例提供的滤波器 112。其中，光隔离器 113 与波分复用器 117 耦合，光探测器 114 与控制器 116 耦合，泵浦激光器 115 分别与控制器 116 和波分复用器 117 耦合，掺杂光纤分别于波分复用器 117 和滤波器 112 耦合。

该光放大器 11 对光信号的放大原理为：经过分光器分光后的光信号一部分进入光隔离器 113，另一部分进入光探测器 114。光隔离器 113 用于对光信号进行隔离，以防止进入光放大器 11 的光信号从光放大器 11 反向散射至通信光纤 12，进而保证光信号传输质量。光探测器 114 用于探测输入至光放大器 11 的光信号的输入功率，并向控制器 116 反馈该输入功率。控制器 116 用于根据光放大器 11 的输入功率控制泵浦激光器 115 的输出功率，使得经第一掺杂光纤 111 放大后的光信号中多个频带所传输的信号放大增益基本相同，即使得第一掺杂光纤 111 对光信号的放大处于增益锁定模式。泵浦激光器 115 发出的泵浦光和进入光隔离器 113 的光信号经波分复用器 117 耦合后进入第一掺杂光纤 111，第一掺杂光纤 111 中的掺杂离子在泵浦光的作用下从低能级跃迁到高能级上，转变为激发态，该高能级的掺杂离子在入射至该第一掺杂光纤 111 的光信号的作用下可以从激发态回到基态，且在回到激发态的过程中掺杂离子发射与光信号频率相同的光子，使光信号得以放大。经第一掺杂光纤 111 放大后的信号光进入滤波器 112 后，第一滤波组件 112a 可以基于光信号的第一功率差异对光信号进行滤波，经滤波后的光信号进入第二滤波组件 112b 后，该第二滤波组件 112b 可以基于光信号的第二功率差异对光信号进行滤波，使得经过放大后的光信号中多个频带上传输的信号功率基本相同。

其中，由泵浦激光器 115、波分复用器 117 和掺杂光纤构成的结构可以称为光放大器 11 的一级放大结构。可选的，由于掺杂光纤对光信号的放大倍数有限，因此，光放大器 11 除了包括第一级放大结构（如图 11 中虚线框 M1 所示）外，光放大器 11 还可以具有更多级放大结构，每级放大结构均包括用于对光信号进行放大的掺杂光纤。且对于该更多级的放大结构中不是对光信号进行饱和放大的放大结构，该放大结构的输出端还可以与滤波器 112 耦合，以便于使用滤波器 112 对经过放大结构放大后的信号进行滤波，并通过滤波器 112 滤波后的光信号耦合至下一级放大结构。

例如，如图 12 所示，光放大器 11 还可以包括：与滤波器 112 耦合的第二级放大结构（如图 12 中虚线框 M2 所示）。该第二级放大结构包括第二掺杂光纤 113，该第二掺杂光纤 113 用于对经过滤波器 112 滤波后的光信号进行饱和放大并输出。并且，由于该第二级放大结构是对光信号进行饱和放大，经第二级放大结构放大后的光信号不会出现功率差异，因此，该第二级放大结构后可以无需设置滤波器 112。

或者，如图 13 所示，当第一级放大结构和第二级放大结构的放大倍数仍不满足放大需求

时, 光放大器 11 还可以包括: 与滤波器 112 耦合的第二级放大结构 (如图 13 中虚线框 M2 所示)、与第二级放大结构耦合的另一滤波器 112、及与另一滤波器 112 耦合的第三级放大结构 (如图 13 中虚线框 M3 所示)。该第二级放大结构包括第二掺杂光纤 113, 该第二掺杂光纤 113 用于对经过滤波器 112 滤波后的光信号进行放大并输出。该另一滤波器 112 用于对经过第二级放大结构放大后的光信号进行滤波并输出。该第三级放大结构包括第三掺杂光纤 114, 该第三掺杂光纤 114 用于对经过另一滤波器 112 滤波后的光信号进行饱和放大并输出。

在一种可实现方式中, 以上掺杂光纤可以为掺杂有微量的铒离子的掺铒光纤。相应的, 该光放大器 11 可以为掺铒光纤放大器 (erbium doped fiber amplifier, EDFA)。或者, 掺杂光纤还可以为掺杂有其他稀土元素离子的掺杂光纤, 且当掺杂光纤中掺杂的离子不同时, 包括有该掺杂光纤的放大器的增益谱覆盖的信号波段不同。

综上所述, 在本申请实施例提供的光放大器中, 通过第一掺杂光纤对光信号进行放大, 通过第一滤波组件基于经过放大后光信号中多个频带所传输的信号的第一功率差异, 对经过放大后的光信号进行滤波, 通过第二滤波组件由第一驱动电信号所控制的频率响应, 基于多个频带所传输的信号的第二功率差异对第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波, 能够对光信号进行放大, 且至少能够降低甚至消除掺杂光纤和受激拉曼散射效应对光信号产生的干扰, 从而保证被传输的光信号的信号质量。并且, 由于第二滤波组件是使用由第一驱动电信号控制的频率响应对光信号进行滤波的, 使得该第二滤波组件的成本降低, 能够在保证对光信号的滤波效果的基础上, 控制滤波器的成本。

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, 本申请实施例提供的光放大器中滤波器的具体工作过程, 可以参考前述滤波器实施例中的对应过程的描述, 在此不再赘述。

本申请实施例还提供了一种通信系统, 该通信系统可以包括: 通信光纤和本申请实施例提供的光放大器。其中, 通信光纤用于传输光信号。光放大器用于对光信号进行放大并滤波。

该通信系统可以有多种部署方式。本申请实施例以以下两种部署方式为例对其进行说明。

在通信系统的第一种部署方式中。通信系统可以包括: 多段通信光纤, 且每段通信光纤的输出端均与一个或多个光放大器耦合。在该部署方式中, 可以看出是在光信号出现功率差异后, 通过使用本申请实施例提供的滤波器对功率差异进行滤波, 以对抗通信光纤中受激拉曼散射效应。

下面以每段通信光纤的输出端均与一个光放大器耦合, 且采用光纤同时传输 C 波段光信号和 L 波段光信号的通信系统为例, 对通信系统的第一种部署方式进行说明。

如图 14 所示, 由 C 波段发射机 13a 发出功率谱平坦的 C 波段光信号后, 先使用相关技术中用于对 C 波段光信号进行放大的光放大器 14a 将 C 波段光信号进行放大, 且从图 14 中 a1 处多个箭头的连线的斜率为 0 可以看出, 放大后的 C 波段光信号的功率谱也是平坦的。由 L 波段发射机 13b 发出功率谱平坦的 L 波段光信号后, 先使用相关技术中用于对 L 波段光信号进行放大的光放大器 14b 将 L 波段光信号进行放大, 且从图 14 中 a2 处多个箭头的连线的斜率为 0 可以看出, 放大后的 L 波段光信号的功率谱也是平坦的。其中, 图 14 中每个箭头的长度用于表示光信号中一个频带传输的信号功率的大小。

再通过光分复合器 15 将放大后的 C 波段光信号和 L 波段光信号耦合至通信光纤 12 中。

经过通信光纤 12 的传输后，在通信光纤 12 中受激拉曼散射效应的影响下，C 波段光信号中多个频带传输的信号功率出现了差异，该差异可以从图 14 中 a3 处多个箭头的连线的斜率为正，类似的，从图 14 中 a4 处多个箭头的连线的斜率为正可以看出，L 波段光信号中多个频带传输的信号功率也出现了差异。

再通过光分复合器 15 分离出 C 波段光信号和 L 波段光信号，并将 C 波段光信号耦合至本申请实施例提供的用于对 C 波段光信号进行放大的光放大器 11(如图 14 中光放大器 11a)，将 L 波段光信号耦合至本申请实施例提供的用于对 L 波段光信号进行放大的光放大器 11(如图 14 中光放大器 11b)。

然后，通过本申请实施例提供的用于对 C 波段光信号进行放大的光放大器 11a 中的第一掺杂光纤 111 对 C 波段光信号进行放大。再通过该光放大器 11a 中的滤波器 112 对放大后的 C 波段光信号，以通过第一滤波组件 112a 降低甚至消除因第一掺杂光纤 111 引起的 C 波段光信号中多个频带传输的信号的第一功率差异，以及，通过第二滤波组件 112b 降低甚至消除因通信光纤 12 引起的 C 波段光信号中多个频带传输的信号的第二功率差异。从图 14 中 a5 处多个箭头的连线的斜率为 0 可以看出，本申请实施例提供的滤波器 112 补偿了 C 波段光信号中的第二功率差异。

类似的，通过本申请实施例提供的用于对 L 波段光信号进行放大的光放大器 11b 对 L 波段光信号进行放大和滤波后，可以看出，降低甚至消除因通信光纤 12 引起的 L 波段光信号中多个频带传输的信号的第二功率差异。从图 14 中 a6 处多个箭头的连线的斜率为 0 可以看出，本申请实施例提供的滤波器 112 补偿了 L 波段光信号中的第二功率差异。

然后，再通过光分复合器 15 将滤波后的 C 波段光信号和滤波后的 L 波段光信号耦合至通信光纤 12 中。如此循环，每段通信光纤 12 的输出端均与一个光放大器 11 耦合，直至到达光信号的接收端。且在光信号的接收端处，经过本申请实施例提供的滤波器 112 滤波后的 C 波段光信号耦合至 C 波段接收机 16a，经过本申请实施例提供的滤波器 112 滤波后的 L 波段光信号耦合至 L 波段接收机 16b。

在通信系统 1 的第二种部署方式中，通信系统 1 可以包括：多段通信光纤 12，且每段通信光纤 12 的输入端均与一个或多个光放大器 11 耦合。在该部署方式中，可以看出是先使用本申请实施例提供的滤波器 112 对光信号进行预滤波，并使用该预滤波的光信号的功率差异对抗通信光纤 12 中受激拉曼散射效应，从而实现根据功率差异对光信号进行滤波的目的。

下面以每段通信光纤 12 的输出端均与一个光放大器 11 耦合，且采用光纤同时传输 C 波段光信号和 L 波段光信号的通信系统 1 为例，对通信系统 1 的第一种部署方式进行说明。

如图 15 所示，由 C 波段发射机 13a 发出功率谱平坦的 C 波段光信号后，先将 C 波段光信号耦合至本申请实施例提供的用于对 C 波段光信号进行放大的光放大器 11(如图 15 中光放大器 11a)，通过该光放大器 11a 中的第一掺杂光纤 111 对 C 波段光信号进行放大。再通过该光放大器 11a 中的滤波器 112 对放大后的 C 波段光信号进行预滤波，使得滤波后的 C 波段光信号中多个频带传输的信号出现功率差异。其中，从图 15 中 b1 处多个箭头的连线的斜率为负可以看出，本申请实施例提供的滤波器 112 实现了对 C 波段光信号的预滤波。其中，图 15 中每个箭头的长度用于表示光信号中一个频带传输的信号功率的大小。

类似的，由 L 波段发射机 13b 发出功率谱平坦的 L 波段光信号后，先将 L 波段光信号耦合至本申请实施例提供的用于对 L 波段光信号进行放大的光放大器 11b，经过该光放大器 11b

得放大和滤波后的 L 波段光信号中多个频带传输的信号出现功率差异。其中，从图 15 中 b2 处多个箭头的连线的斜率为负可以看出，本申请实施例提供的滤波器 112 实现了对 L 波段光信号的预滤波。

然后，通过光分复合器 15 将预滤波后的 C 波段光信号和预滤波后的 L 波段光信号耦合至通信光纤 12 中。经过通信光纤 12 的传输后，在通信光纤 12 中受激拉曼散射效应的影响下，该受激拉曼散射效应对 C 波段光信号的功率产生的影响，与预滤波使得 C 波段光信号出现的功率差异互相抵消，使得经过通信光纤 12 传输的 C 波段光信号的功率谱恢复平坦，该效果可以从图 15 中 b3 处多个箭头的连线的斜率为 0 可以看出。类似的，在通信光纤 12 中受激拉曼散射效应的影响下，该受激拉曼散射效应对 L 波段光信号的功率产生的影响，与预滤波使得 L 波段光信号出现的功率差异互相抵消，使得经过通信光纤 12 传输的 L 波段光信号的功率谱恢复平坦，该效果可以从图 15 中 b4 处多个箭头的连线的斜率为 0 可以看出。

然后，再通过光分复合器 15 从通信光纤 12 处分离出 C 波段光信号和 L 波段光信号，并将 C 波段光信号耦合至本申请实施例提供的用于对 C 波段光信号进行放大的光放大器 11，将 L 波段光信号耦合至本申请实施例提供的用于对 L 波段光信号进行放大的光放大器 11。如此循环，每段通信光纤 12 的输入端均与一个光放大器 11 耦合，直至到达光信号的接收端处，再通过光分复合器 15 从通信光纤 12 处分离出 C 波段光信号和 L 波段光信号，并将 C 波段光信号耦合至相关技术中用于对 C 波段光信号进行放大的光放大器 14a，将 L 波段光信号耦合至相关技术中用于对 L 波段光信号进行放大的光放大器 14b，并将放大后的 C 波段光信号耦合至 C 波段接收机 16a，将放大后的 L 波段光信号耦合至 C 波段接收机 16b。

并且，当本申请实施例提供的通信系统 1 中的滤波器 112 还包括图 8、图 9 或图 10 所示的控制组件 112c 时，由于该控制组件 112c 能够实时地获取光信号的第二功率差异，若滤波器 112 所在的光纤传输支路中出现增波或掉波的情况，或者，当通信系统 1 的配置在不同的波段之间进行切换时，通信光纤 12 中的受激拉曼散射效应也会出现差异，此时，通过控制组件 112c 能够较准确地确定光信号的第二功率差异，并根据该第二功率差异向第二滤波组件 112b 提供第一驱动电信号，以保证滤波器 112 的滤波效果。

例如，当光分插复用器（reconfigurable optical add drop multiplexe, ROADM）站点发生掉波的情况时，经过光分插复用器后的光信号的总功率下降，使得掉波后的信号在通信光纤中的受到的受激拉曼散射效应小于未掉波的信号在通信光纤中的受到的受激拉曼散射效应，相应的，在受激拉曼散射效应的影响下，掉波后的信号经过通信光纤后的功率差异小于未掉波的信号经过通信光纤后的功率差异。此时，通过控制组件 112c 实时检测第二功率差异，能够实时追踪掉波对受激拉曼散射效应产生的影响，进而调整向第二滤波组件 112b 提供的第一驱动电信号，从而保证滤波器 112 的滤波效果。其中，在光分插复用器处掉波是指光信号中的光波在光分插复用器处分流至其他光纤传输支路上。

类似的，当光分插复用器站点发生增波的情况时，经过光分插复用器后的光信号的总功率增大，使得增波后的信号在通信光纤中的受到的受激拉曼散射效应大于未增波的信号在通信光纤中的受到的受激拉曼散射效应，相应的，在受激拉曼散射效应的影响下，增波后的信号经过通信光纤后的功率差异大于未增波的信号经过通信光纤后的功率差异。此时，通过控制组件 112c 实时检测第二功率差异，能够实时追踪增波对受激拉曼散射效应产生的影响，进而调整向第二滤波组件 112b 提供的第一驱动电信号，从而保证滤波器 112 的滤波效果。其中，

在光分插复用器处增波是指多路光信号在光分插复用器处汇流至同一光纤传输支路上。

又例如，在通信光纤 12 中的受激拉曼散射效应的影响下，C 波段光信号的第二功率差异的斜率为 K_1 ，C 波段+L 波段光信号的第二功率差异的斜率为 K_2 ，且 $K_1 < K_2$ 。如图 16 所示，当通信系统 1 的配置由 C 波段切换到 C+L 波段时，通过控制组件 112c 实时检测第二功率差异，能够实时追踪掉波对受激拉曼散射效应产生的影响，将预滤波使得光信号出现的功率差异的斜率由 $-K_1$ 调整为 $-K_2$ ，以保证滤波器 112 的滤波效果。

综上所述，在本申请实施例提供的通信系统中，通过掺杂光纤对光信号进行放大，通过第一滤波组件基于经过放大后光信号中多个频带所传输的信号的第一功率差异，对经过放大后的光信号进行滤波，通过第二滤波组件由第一驱动电信号所控制的频率响应，基于多个频带所传输的信号的第二功率差异对第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波，能够对光信号进行放大，且至少能够降低甚至消除掺杂光纤和受激拉曼散射效应对光信号产生的干扰，从而保证被传输的光信号的信号质量。并且，由于第二滤波组件是使用由第一驱动电信号控制的频率响应对光信号进行滤波的，使得该第二滤波组件的成本降低，能够在保证对光信号的滤波效果的基础上，控制滤波器的成本。

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，本申请实施例提供的通信系统中光放大器和滤波器的具体工作过程，可以参考前述放大器实施例和滤波器实施例中的对应过程的描述，在此不再赘述。

本申请实施例还提供了一种滤波方法，该滤波方法应用于本申请实施例提供的滤波器。如图 17 所示，该滤波方法包括：

步骤 1701、接收光信号。

步骤 1702、通过第一滤波组件基于光信号中多个频带所传输的信号的第一功率差异对光信号进行滤波。

其中，第一功率差异包括由第一掺杂光纤引起的差异。

步骤 1703、调整向第二滤波组件提供的第二驱动电信号，以调整第二滤波组件允许通过的波长的范围。

需要说明的是，该步骤 1703 为可选步骤，可以根据应用需求确定是否执行该步骤。示例的，若在未调整向第二滤波组件提供的第二驱动信号之前，第二滤波组件允许通过的波长的范围已覆盖该第二滤波组件所在光纤传输支路所传输的光信号的波长返为，且无需执行该步骤 1703。

步骤 1704、通过控制组件基于第一滤波组件滤波后的光信号，获取第二功率差异。

其中，当控制组件的部署方式不同时，该步骤 1704 的实现方式不同。

在一种可实现方式中，当控制组件与第二滤波组件耦合时，控制组件可以基于滤波器所在光纤传输支路的总输入功率和光纤传输支路所传输的光信号的频带宽度等参数，获取第二功率差异。

在另一种可实现方式中，当控制组件分别与第一滤波组件、第二滤波组件耦合时，控制组件可以实时检测经过第一滤波组件滤波后的光信号的第二功率差异。例如，当控制组件包括依次耦合的采样结构、探测结构和处理结构时，如图 18 所示，该步骤 1704 的实现过程可以包括：

步骤 1704a1、采样结构在第一滤波组件滤波后的光信号中，采样两个或两个以上频带所传输的信号。

步骤 1704b1、探测结构获取采样得到的每个频带所传输的信号的功率。

步骤 1704c1、处理结构基于采样得到的两个或两个以上频带所传输的信号的功率，获取第二功率差异。

步骤 1705、通过控制组件基于第二功率差异向第二滤波组件提供第一驱动电信号。

可选的，当控制组件包括依次耦合的采样结构、探测结构和处理结构时，该步骤 1705 可以由处理结构执行。

需要说明的是，该步骤 1704 和步骤 1705 为可选步骤，可以根据应用需求确定是否执行该步骤。示例的，当滤波器不包括控制组件时，例如，当向第二滤波模块加载固定大小的第一驱动电信号时，则无需执行该步骤 1704 和步骤 1705。

步骤 1706、通过第二滤波组件由第一驱动电信号所控制的频率响应，基于多个频带所传输的信号的功率差异对第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波，第二功率差异包括由受激拉曼散射效应引起的差异。

综上所述，在本申请实施例提供的滤波方法中，通过第一滤波组件基于光信号中多个频带所传输的信号的功率差异对光信号进行滤波，通过第二滤波组件由第一驱动电信号所控制的频率响应，基于多个频带所传输的信号的功率差异对第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波，至少能够降低甚至消除掺杂光纤和受激拉曼散射效应对光信号产生的干扰，从而保证被传输的光信号的信号质量。并且，由于第二滤波组件是使用由第一驱动电信号控制的频率响应对光信号进行滤波的，使得该第二滤波组件的成本降低，能够在保证对光信号的滤波效果的基础上，控制滤波器的成本。

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，本申请实施例提供的滤波方法中滤波器的具体工作过程，可以参考前述滤波器实施例中的对应过程的描述，在此不再赘述。

本申请实施例还提供了一种光放大方法，该光放大方法应用于本申请实施例提供的光放大器。如图 19 所示，该光放大方法包括：

步骤 1901、采用第一掺杂光纤对光信号进行放大。

步骤 1902、采用滤波器对经过第一掺杂光纤放大后的光信号，采用本申请实施例提供的滤波方法进行滤波。

综上所述，在本申请实施例提供的光放大方法中，通过第一掺杂光纤对光信号进行放大，通过第一滤波组件基于经过放大后光信号中多个频带所传输的信号的功率差异，对经过放大后的光信号进行滤波，通过第二滤波组件由第一驱动电信号所控制的频率响应，基于多个频带所传输的信号的功率差异对第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波，能够对光信号进行放大，且至少能够降低甚至消除掺杂光纤和受激拉曼散射效应对光信号产生的干扰，从而保证被传输的光信号的信号质量。并且，由于第二滤波组件是使用由第一驱动电信号控制的频率响应对光信号进行滤波的，使得该第二滤波组件的成本降低，能够在保证对光信号的滤波效果的基础上，控制滤波器的成本。

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，本申请实施例提供的光

放大中光放大器和滤波器的具体工作过程，可以参考前述放大器实施例和滤波器实施例中的对应过程的描述，在此不再赘述。

本申请实施例还提供了一种存储介质，该存储介质为非易失性计算机可读存储介质，当存储介质中的指令被处理器执行时，实现如本申请实施例提供的滤波方法。

本申请实施例还提供了一种包含指令的计算机程序产品，当计算机程序产品在计算机上运行时，使得计算机执行本申请实施例提供的滤波方法。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成，也可以通过程序来指令相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，上述提到的存储介质可以是只读存储器，磁盘或光盘等。

在本申请实施例中，术语“第一”、“第二”和“第三”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。术语“至少一个”是指一个或多个，术语“多个”指两个或两个以上，除非另有明确的限定。

本申请中术语“和/或”，仅仅是一种描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 这三种情况。另外，本文中字符“/”，一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

以上所述仅为本申请的可选实施例，并不用以限制本申请，凡在本申请的构思和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

权 利 要 求

1、一种滤波器，其特征在于，所述滤波器包括：耦合的第一滤波组件和第二滤波组件；
所述第一滤波组件用于接收光信号，基于所述光信号中多个频带所传输的信号的第一功率差异对所述光信号进行滤波，所述第一功率差异包括由第一掺杂光纤引起的差异；

所述第二滤波组件上加载有第一驱动电信号，所述第一驱动电信号用于控制所述第二滤波组件的频率响应，所述第二滤波组件用于采用所述频率响应，基于所述多个频带所传输的信号的第二功率差异对所述第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波，所述第二功率差异包括由受激拉曼散射效应引起的差异。

2、根据权利要求1所述的滤波器，其特征在于，

所述第二滤波组件还用于在第二驱动电信号的控制下，调整所述第二滤波组件允许通过的波长的范围。

3、根据权利要求1或2所述的滤波器，其特征在于，所述滤波器还包括：分别与所述第一滤波组件、所述第二滤波组件耦合的控制组件；

所述控制组件用于基于所述第一滤波组件滤波后的光信号，获取所述第二功率差异，基于所述第二功率差异向所述第二滤波组件提供所述第一驱动电信号。

4、根据权利要求3所述的滤波器，其特征在于，所述控制组件包括：依次耦合的采样结构、探测结构和处理结构；

所述采样结构用于在所述第一滤波组件滤波后的光信号中，采样两个或两个以上频带所传输的信号；

所述探测结构用于获取所述采样结构采样得到的每个频带所传输的信号功率；

所述处理结构用于基于采样得到的所述两个或两个以上频带所传输的信号功率，获取所述第二功率差异，基于所述第二功率差异确定所述第一驱动电信号，向所述第二滤波组件提供所述第一驱动电信号。

5、根据权利要求4所述的滤波器，其特征在于，所述控制组件包括：一个处理结构、多个采样结构和与所述多个采样结构对应的多个探测结构，所述采样结构与对应的探测结构耦合，所述多个探测结构均与所述处理结构耦合；

每个采样结构用于在所述第一滤波组件滤波后的光信号中，采样一个频带所传输的信号；

每个探测结构用于获取对应的采样结构采样得到的频带所传输的信号功率。

6、根据权利要求1或2所述的滤波器，其特征在于，所述滤波器还包括：与所述第二滤波组件耦合的控制组件；

所述控制组件用于基于所述滤波器所在光纤传输支路的总输入功率和所述光纤传输支路所传输的光信号的频带宽度，获取所述第二功率差异，基于所述第二功率差异确定所述第一驱动电信号，向所述第二滤波组件提供所述第一驱动电信号。

7、根据权利要求 1 至 6 任一所述的滤波器，其特征在于，所述第一滤波组件的频率响应基于目标数量个频带所传输的信号因所述第一掺杂光纤引起的功率差异确定，所述目标数量小于所述第一掺杂光纤允许通过的频带的总数。

8、根据权利要求 7 所述的滤波器，其特征在于，所述目标数量为所述总数的一半。

9、根据权利要求 1 至 8 任一所述的滤波器，其特征在于，所述第一滤波组件包括：增益平坦滤波器；和/或，所述第二滤波组件包括：可变增益倾斜滤波器。

10、根据权利要求 1 至 9 任一所述的滤波器，其特征在于，所述第二滤波组件的材料为以下一种或多种的组合：陶瓷、铌酸锂电光材料和钽酸铯电光材料。

11、一种光放大器，其特征在于，所述光放大器包括：耦合的第一掺杂光纤和权利要求 1 至 10 任一所述的滤波器；

所述第一掺杂光纤用于使用所述第一掺杂光纤中的掺杂离子对光信号进行放大。

12、根据权利要求 11 所述的光放大器，其特征在于，所述光放大器还包括：与所述滤波器耦合的第二掺杂光纤；

所述第二掺杂光纤用于对经过所述滤波器滤波后的光信号进行饱和放大并输出。

13、一种通信系统，其特征在于，所述通信系统包括：权利要求 11 或 12 所述的光放大器。

14、根据权利要求 13 所述的通信系统，其特征在于，所述通信系统还包括：多段通信光纤，所述通信光纤用于传输光信号，每段通信光纤的输出端均与一个或多个光放大器耦合。

15、根据权利要求 13 所述的通信系统，其特征在于，所述通信系统还包括：多段通信光纤，所述通信光纤用于传输光信号，每段通信光纤的输入端均与一个或多个光放大器耦合。

16、一种滤波方法，其特征在于，所述滤波方法应用于权利要求 1 至 10 任一所述的滤波器，所述滤波器包括：耦合的第一滤波组件和第二滤波组件，所述滤波方法包括：

接收光信号；

通过所述第一滤波组件基于所述光信号中多个频带所传输的信号的第一功率差异对所述光信号进行滤波，所述第一功率差异包括由第一掺杂光纤引起的差异；

通过所述第二滤波组件由第一驱动电信号所控制的频率响应，基于所述多个频带所传输的信号的第二功率差异对所述第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波，所述第二功率差异包括由受激拉曼散射效应引起的差异。

17、根据权利要求 16 所述的滤波方法，其特征在于，所述滤波方法还包括：

调整向所述第二滤波组件提供的第二驱动电信号，以调整所述第二滤波组件允许通过的

波长的范围。

18、根据权利要求 16 或 17 所述的滤波方法，其特征在于，所述滤波器还包括：分别与所述第一滤波组件、所述第二滤波组件耦合的控制组件，在所述通过所述第二滤波组件由第一驱动电信号所控制的频率响应，基于所述多个频带所传输的信号的第二功率差异对所述第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波之前，所述滤波方法还包括：

通过所述控制组件基于所述第一滤波组件滤波后的光信号，获取所述第二功率差异；

通过所述控制组件基于所述第二功率差异向所述第二滤波组件提供所述第一驱动电信号。

19、根据权利要求 18 所述的滤波方法，其特征在于，所述基于所述第一滤波组件滤波后的光信号，获取所述第二功率差异，包括：

在所述第一滤波组件滤波后的光信号中，采样两个或两个以上频带所传输的信号；

获取采样得到的每个频带所传输的信号功率；

基于采样得到的所述两个或两个以上频带所传输的信号功率，获取所述第二功率差异。

20、根据权利要求 18 所述的滤波方法，其特征在于，所述基于所述第二功率差异向所述第二滤波组件提供所述第一驱动电信号，包括：

基于所述第二功率差异确定所述第一驱动电信号；

向所述第二滤波组件提供所述第一驱动电信号。

21、根据权利要求 16 或 17 所述的滤波方法，其特征在于，在所述通过所述第二滤波组件由第一驱动电信号所控制的频率响应，基于所述多个频带所传输的信号的第二功率差异对所述第一滤波组件滤波后的光信号进行滤波之前，所述滤波方法还包括：

基于所述滤波器所在光纤传输支路的总输入功率和所述光纤传输支路所传输的光信号的频带宽度，获取所述第二功率差异；

基于所述第二功率差异确定所述第一驱动电信号；

向所述第二滤波组件提供所述第一驱动电信号。

22、一种光放大方法，其特征在于，所述光放大方法应用于权利要求 11 或 12 所述的光放大器，所述光放大器包括：耦合的第一掺杂光纤和权利要求 1 至 10 任一所述的滤波器，所述光放大方法包括：

采用所述第一掺杂光纤对光信号进行放大；

采用所述滤波器对经过所述第一掺杂光纤放大后的光信号，采用权利要求 16 至 21 任一所述的滤波方法进行滤波。

23、一种存储介质，其特征在于，当所述存储介质中的指令被处理器执行时，实现权利要求 16 至 21 任一所述的滤波方法。

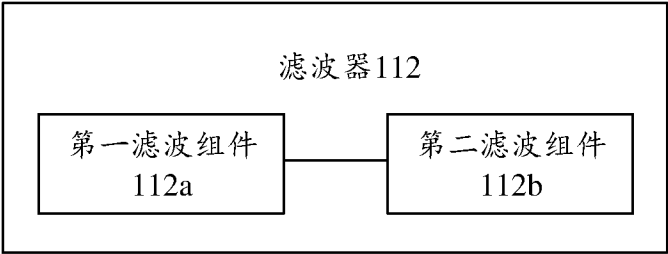


图 1

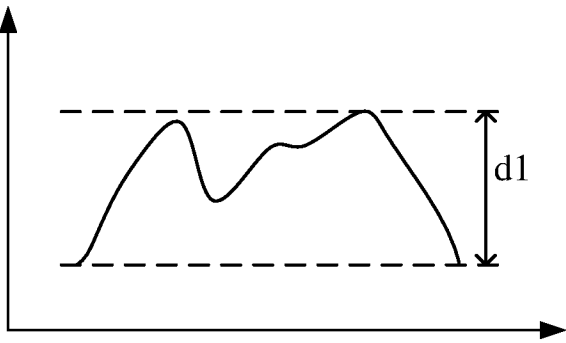


图 2

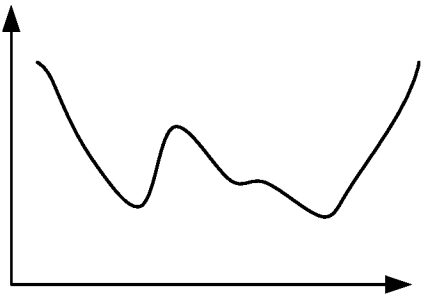


图 3

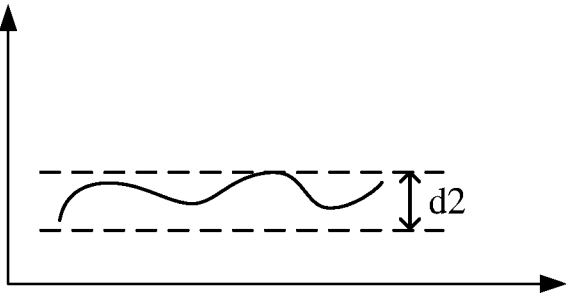


图 4

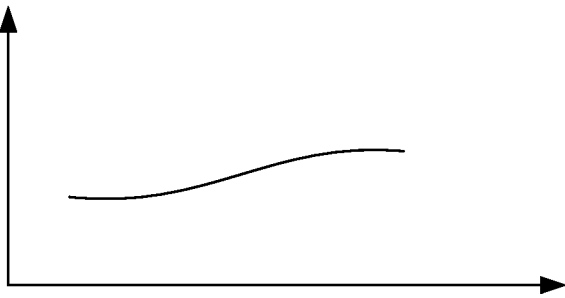


图 5

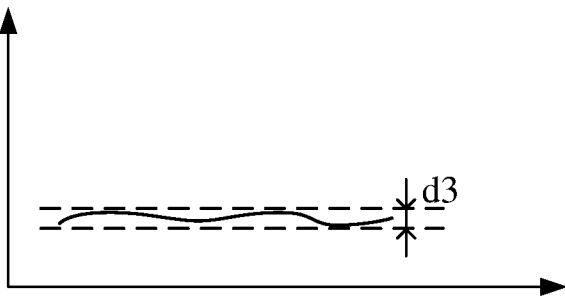


图 6

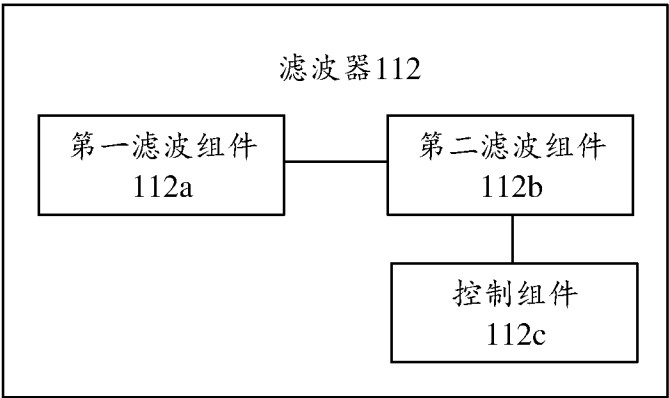


图 7

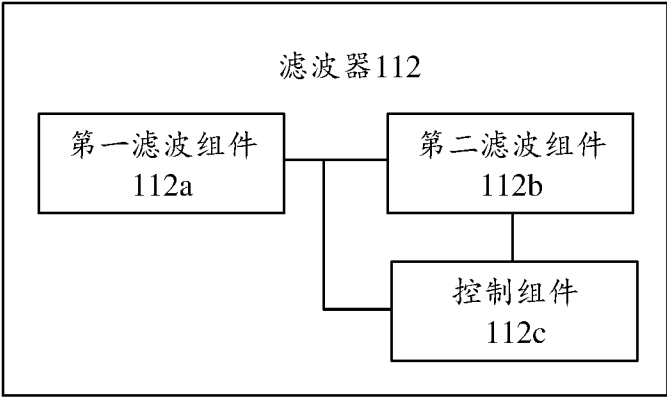


图 8

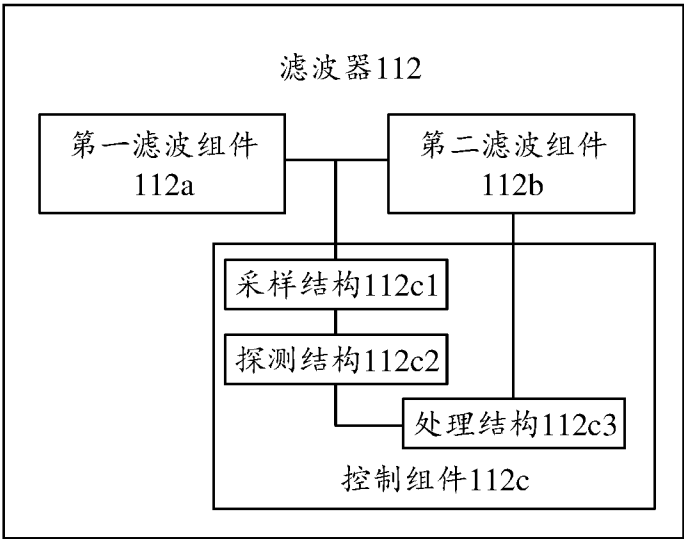


图 9

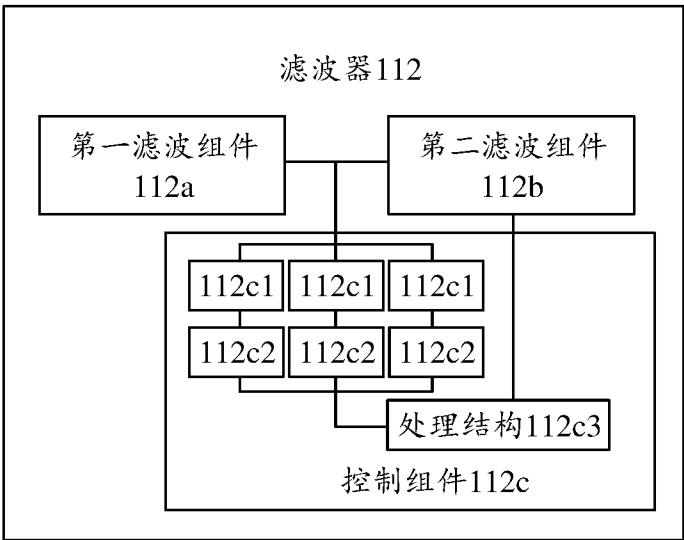


图 10

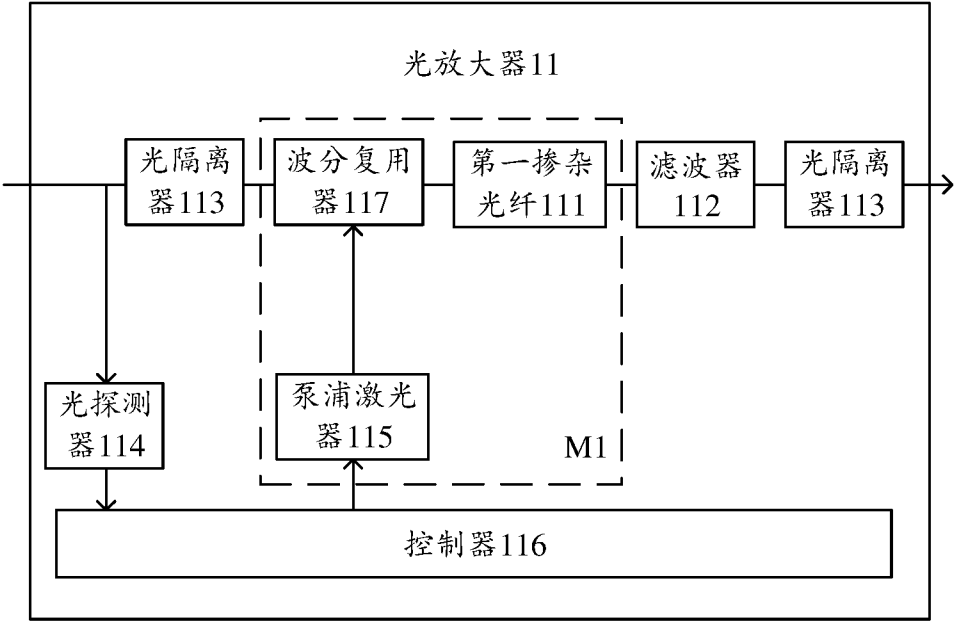


图 11

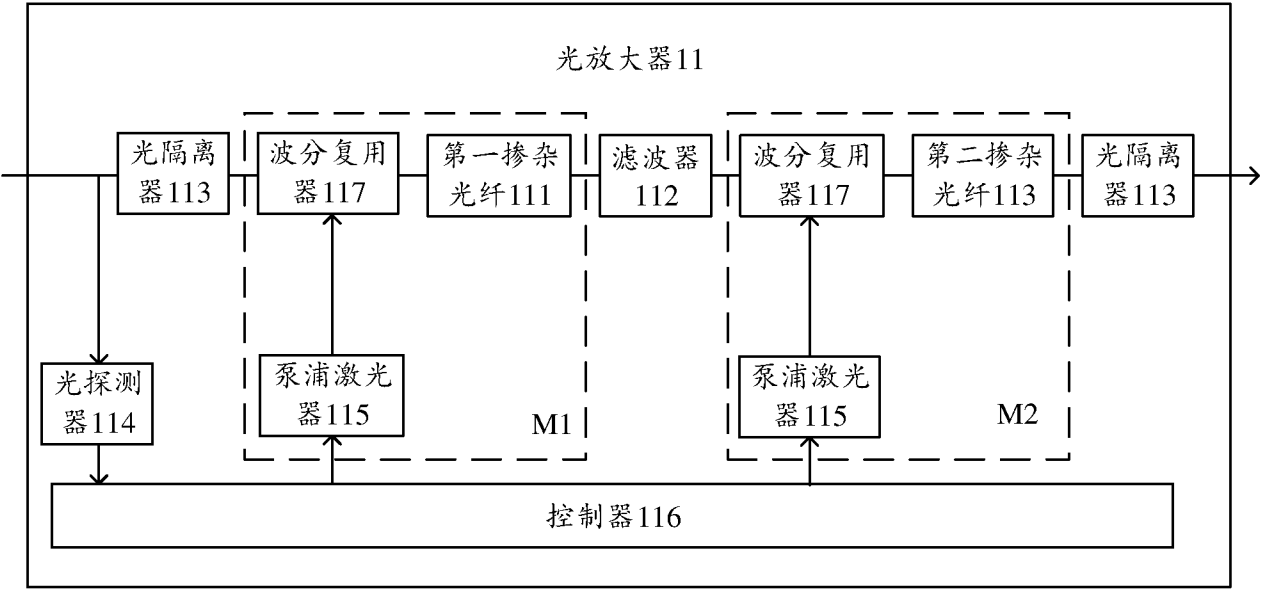


图 12

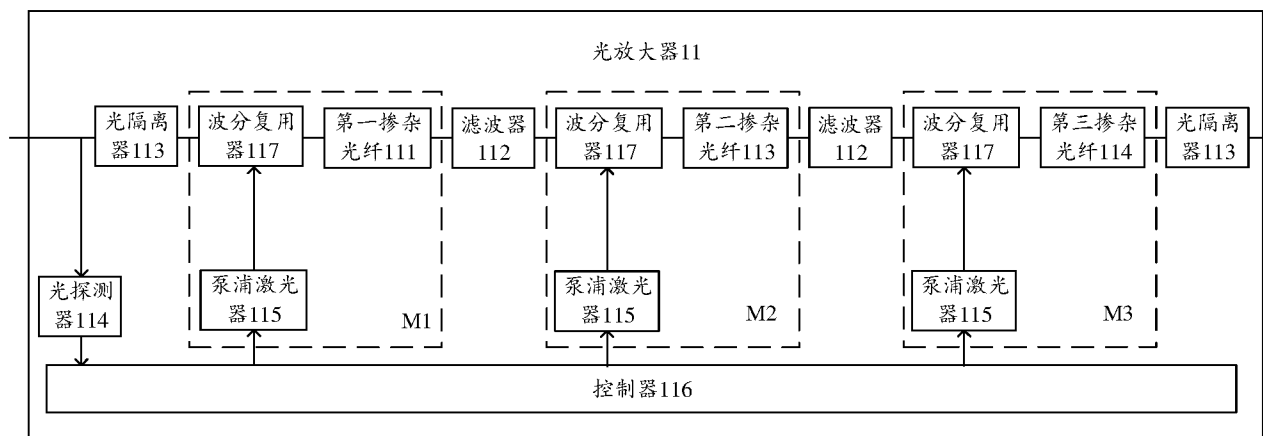


图 13

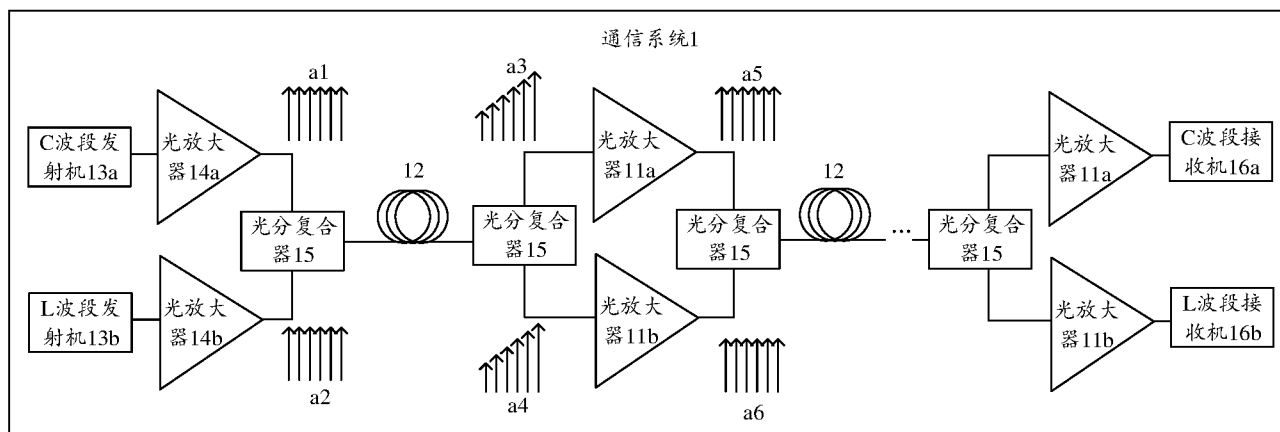


图 14

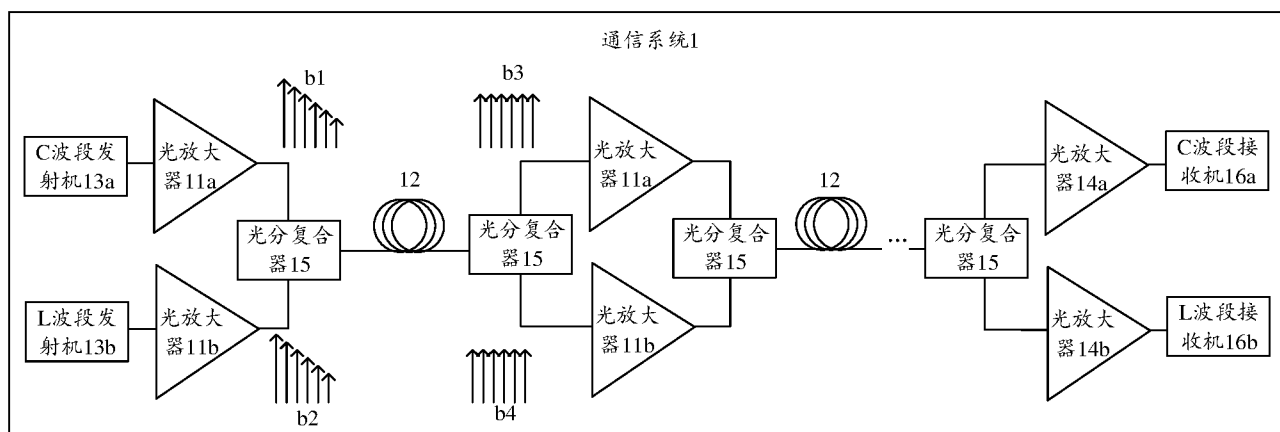


图 15

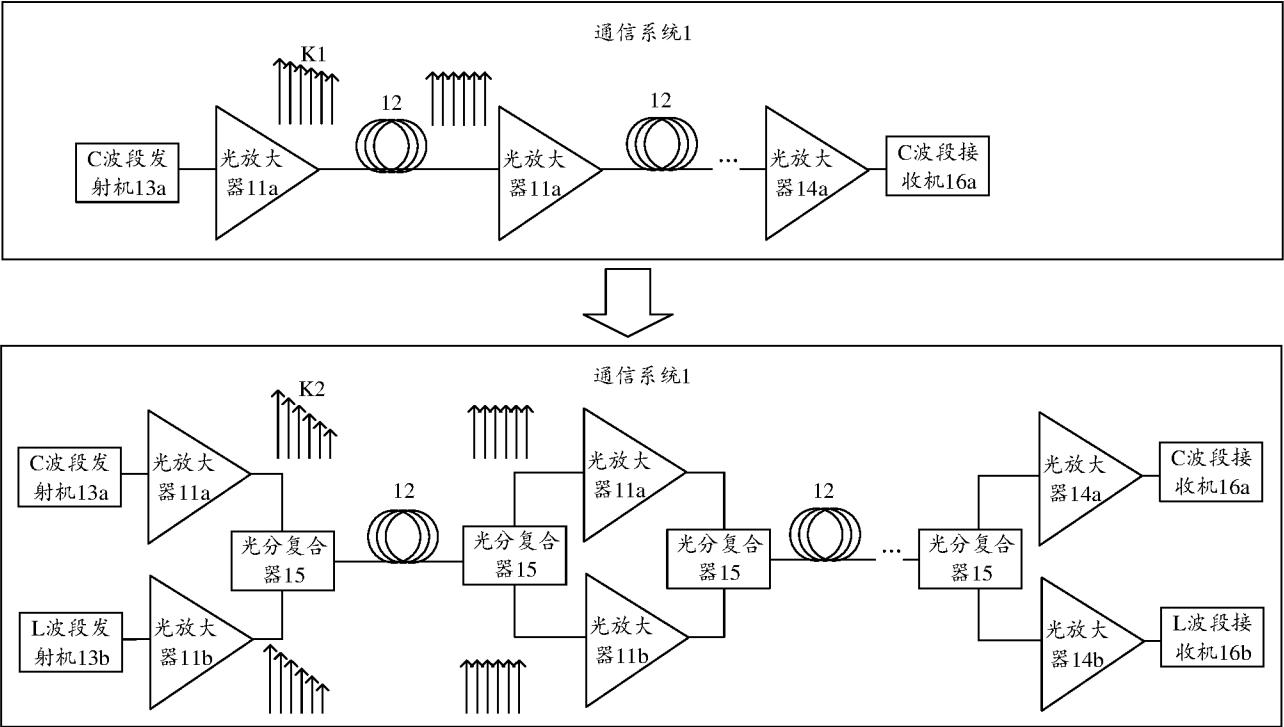


图 16

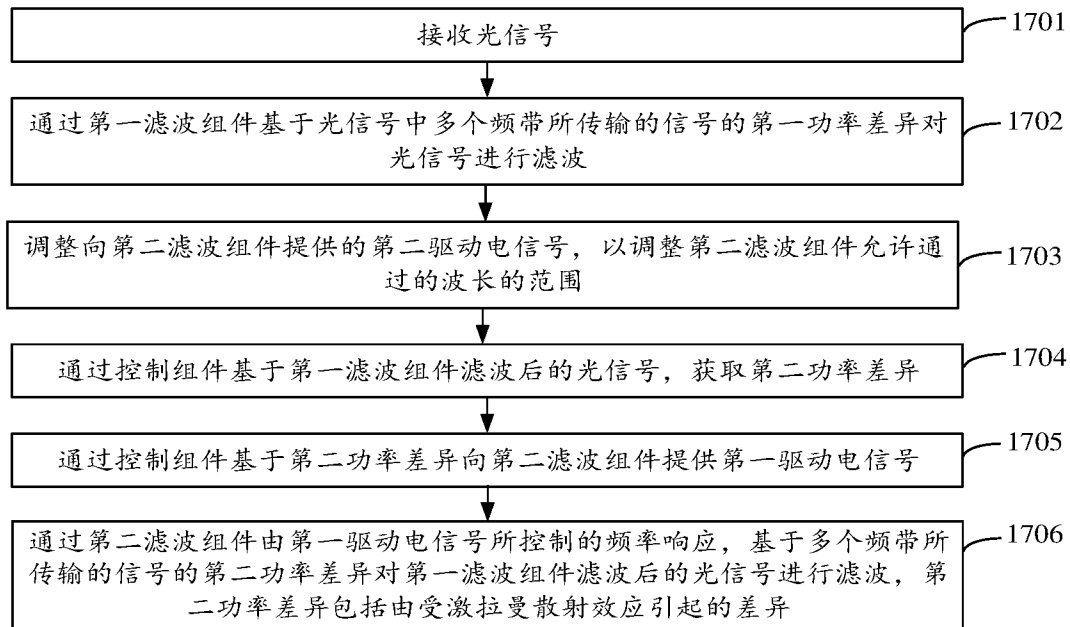


图 17

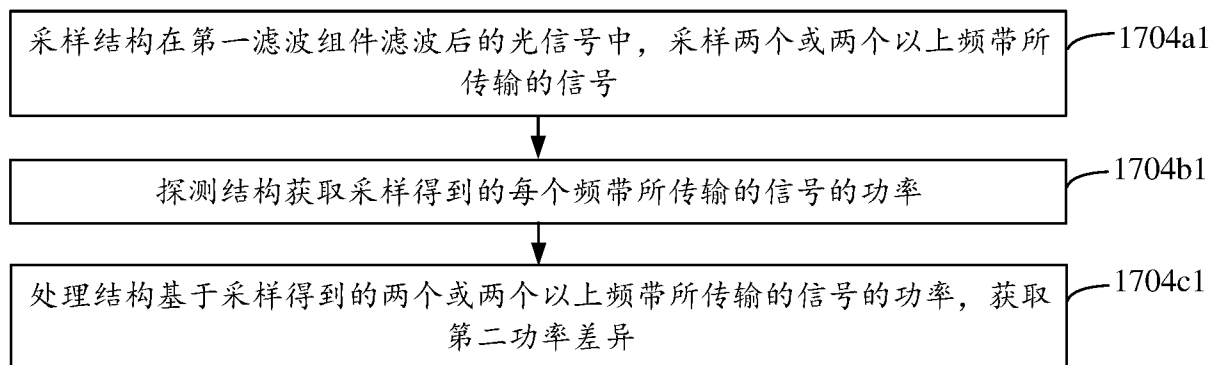


图 18

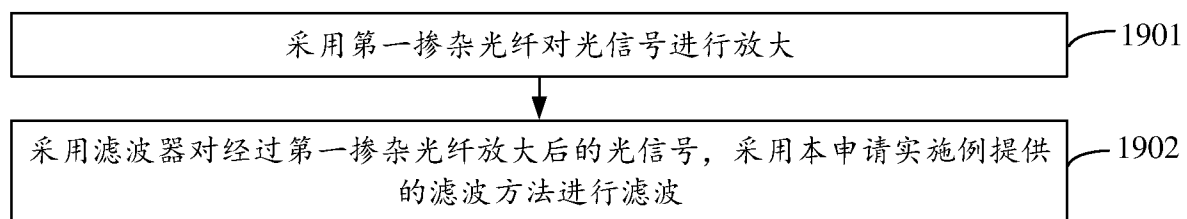


图 19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/072545

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J 14/02(2006.01)i; H04B 10/294(2013.01)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)

H04B; H04J

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)

TWABS; VEN; CNABS; CNKI: 光纤 2d (or 通信, 传输, 通讯), 滤波 2d (or 第二, 两, 双, 二, 几个), ((or 功率, 增益) 2d (or 差, 变化, 不同, 不相同, 不一致, 不对称, 异, 均衡, 矫正, 补偿)), GEQ, 2d (or 驱动, 电信号), 频率, 响应, 受激拉曼散射, SRS (OR FIBRE?, FIBER?) 3D (OR COMMUNICAT????, MESSAG???, CORRESPOND????, TRANSMIT????, TRANSMISSION?, RECEIV???, INCEPT+, EMIT????, EMISSION?, SEND???, ERADIAT+, RADIAT+, LAUNCH+), 3D FILTER+, (OR MULTIPLE?, MANY, ANOTHER, DUAL, DOUBLE, TWO), ((OR POWER?, GAIN+) 3D (OR VARY +, VARIABLE+, DIFFER+, ASYMMETRICAL+, COMPENSAT????, EQUALIZ+)), GEQ, 3D (OR DRIVE?, DRIVING, (ELECTRIC+ 1D SIGNAL?)), (OR RESPONSIVE, RESPONSE?), FREQUENCY, SRS, (STIMULAT+ 1D RAMAN? 1D SCATTER+)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 1578205 A (ZTE CORPORATION) 09 February 2005 (2005-02-09) description page 3 lines 16-20, page 4 paragraphs 10-14, page 7 line 20- page 8 line 6, figures 1-8	1-23
X	CN 1463107 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 24 December 2003 (2003-12-24) description, page 1 paragraph 1 - page 5 paragraph 5, figures 1-4	1-23
X	CN 1474208 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 11 February 2004 (2004-02-11) description, page 1 paragraph 1 - page 3, last paragraph, figures 1-4	1-23
X	CN 101911549 A (TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON (PUBL)) 08 December 2010 (2010-12-08) description, paragraphs 1-96, and figures 1-7	1-23
A	US 6975449 B1 (NORTEL NETWORKS LTD.) 13 December 2005 (2005-12-13) entire document	1-23



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

07 April 2021

Date of mailing of the international search report

20 April 2021

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/CN2021/072545

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	1578205	A	09 February 2005	None			
CN	1463107	A	24 December 2003	CN	1260897	C	21 June 2006
CN	1474208	A	11 February 2004	CN	1199066	C	27 April 2005
CN	101911549	A	08 December 2010	CN	101911549	B	05 March 2014
				WO	2009052855	A1	30 April 2009
				EP	2213022	B1	13 February 2013
				US	2011020010	A1	27 January 2011
				EP	2213022	A1	04 August 2010
US	6975449	B1	13 December 2005	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/072545

A. 主题的分类 H04J 14/02 (2006.01) i; H04B 10/294 (2013.01) 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) H04B; H04J 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)) TWABS; VEN; CNABS; CNKI: 光纤 2d (or 通信, 传输, 通讯), 滤波 2d (or 第二, 两, 双, 二, 几个), ((or 功率, 增益) 2d (or 差, 变化, 不同, 不相同, 不一致, 不对称, 异, 均衡, 矫正, 补偿)), GEQ, 2d (or 驱动, 电信号), 频率, 响应, 受激拉曼散射, SRS (OR FIBRE?, FIBER?) 3D (OR COMMUNICAT????, MESSAG???, CORRESPOND????, TRANSMIT????, TRANSMISSION?, RECEIV????, INCEPT+, EMIT????, EMISSION?, SEND???, ERADIAT+, RADIAT+, LAUNCH+), 3D FILTER +, (OR MULTIPLE?, MANY, ANOTHER, DUAL, DOUBLE, TWO), ((OR POWER?, GAIN+) 3D (OR VARY+, VARIABLE+, DIFFER +, ASYMMETRICAL+, COMPENSAT????, EQUALIZ+)), GEQ, 3D (OR DRIVE?, DRIVING, (ELECTRIC+ 1D SIGNAL?)), (OR RESPONSIVE, RESPONSE?), FREQUENCY, SRS, (STIMULAT+ 1D RAMAN? 1D SCATTER+)		
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 1578205 A (中兴通讯股份有限公司) 2005年 2月 9日 (2005 - 02 - 09) 说明书第3页第16-20行, 第4页第10-14段, 第7页第20行-第8页第6行, 图1-8	1-23
X	CN 1463107 A (华为技术有限公司) 2003年 12月 24日 (2003 - 12 - 24) 说明书第1页第1段-第5页第5段, 图1-4	1-23
X	CN 1474208 A (华为技术有限公司) 2004年 2月 11日 (2004 - 02 - 11) 说明书第1页第1段-第3页最后1段, 图1-4	1-23
X	CN 101911549 A (爱立信电话股份有限公司) 2010年 12月 8日 (2010 - 12 - 08) 说明书第1-96段, 图1-7	1-23
A	US 6975449 B1 (NORTEL NETWORKS LTD) 2005年 12月 13日 (2005 - 12 - 13) 全文	1-23
☐ 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		国际检索报告邮寄日期
2021年 4月 7日		2021年 4月 20日
ISA/CN的名称和邮寄地址		授权官员
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		任志伟
		电话号码 62085590

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/072545

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	1578205	A	2005年 2月 9日	无	
CN	1463107	A	2003年 12月 24日	CN	1260897 C 2006年 6月 21日
CN	1474208	A	2004年 2月 11日	CN	1199066 C 2005年 4月 27日
CN	101911549	A	2010年 12月 8日	CN	101911549 B 2014年 3月 5日
				WO	2009052855 A1 2009年 4月 30日
				EP	2213022 B1 2013年 2月 13日
				US	2011020010 A1 2011年 1月 27日
				EP	2213022 A1 2010年 8月 4日
US	6975449	B1	2005年 12月 13日	无	