

(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
2018年1月25日 (25.01.2018)

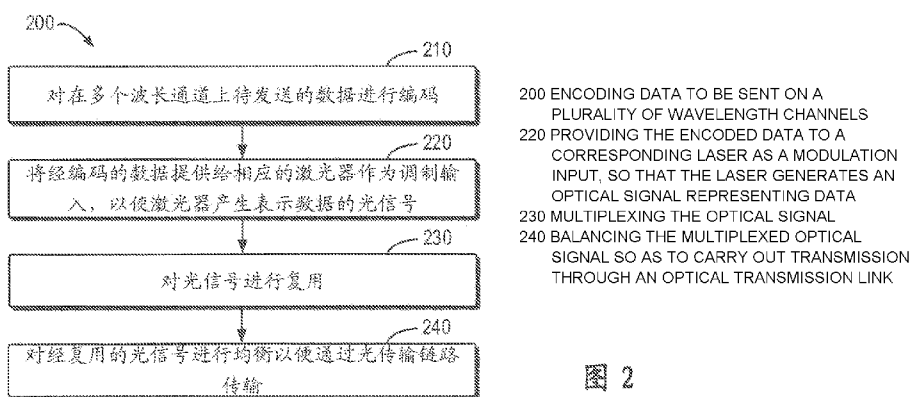


(10) 国际公布号
WO 2018/014565 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04J 14/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/076493
- (22) 国际申请日: 2017年3月13日 (13.03.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610574893.X 2016年7月20日 (20.07.2016) CN
- (71) 申请人: 上海诺基亚贝尔股份有限公司(NOKIA SHANGHAI BELL CO., LTD.) [CN/CN];
中国上海市浦东新区金桥宁桥路388号, Shanghai 201206 (CN)。
- (72) 发明人: 高震森(GAO, Zhensen); 中国上海市浦东新区金桥宁桥路388号, Shanghai 201206 (CN)。
- (74) 代理人: 北京市金杜律师事务所(KING & WOOD MALLESONS); 中国北京市朝阳区东
- 三环中路1号环球金融中心办公楼东楼20层, Beijing 100020 (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, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SENDING AND RECEIVING DATA

(54) 发明名称: 用于发送和接收数据的方法及设备



(57) Abstract: The embodiments of the present disclosure relate to a method and device for sending and receiving data. The method for sending data comprises: encoding, at an optical line terminal, data to be sent on a plurality of wavelength channels; providing the encoded data to a corresponding laser as a modulation input, so that the laser generates an optical signal representing data; multiplexing the optical signal; and balancing the multiplexed optical signal so as to carry out transmission through an optical transmission link. The method for receiving data comprises: de-multiplexing, at an optical network unit, an optical signal received from an optical transmission link; selecting, from the de-multiplexed optical signals, an optical signal corresponding to a specific wavelength channel; converting the selected optical signal into an electric signal; and decoding the electric signal so as to determine data. According to the solution of the embodiments of the present disclosure, an NG-EPON system supporting a transmission speed of 100Gb/s and over can be realised with low system cost and low complexity.

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))。

(57) 摘要：本公开的实施例涉及用于发送和接收数据的方法及设备。用于发送数据的方法包括：在光线路终端处，对在多个波长通道上待发送的数据进行编码；将经编码的数据提供给相应的激光器作为调制输入，以使激光器产生表示数据的光信号；对光信号进行复用；以及对经复用的光信号进行均衡以便通过光传输链路传输。用于接收数据的方法包括：在光网络单元处，对从光传输链路接收的光信号进行解复用；从经解复用的光信号中选择与特定波长通道对应的光信号；将选择的光信号转换成电信号；以及对电信号进行解码以确定数据。根据本公开实施例的方案，可以使得在系统成本和复杂度较低的情况下实现支持100Gb/s及以上传输速率的NG-EPON系统。

用于发送和接收数据的方法及设备

技术领域

本公开的实施例涉及光通信领域，更具体地涉及在光线路终端
5 (OLT) 和光网络单元 (ONU) 处实施的用于发送和接收数据的方法
及设备。

背景技术

当前已经标准化的下一代无源光网络 (NG-PON2) 采用基于时分
10 和波分复用的无源光网络 (TWDM-PON) 技术，其中利用四个波长
支持 40Gb/s 的传输速率，每个波长支持 10Gb/s 的传输速率。在诸如
高清视频、云计算之类的接入带宽应用的不断推动下，对宽带带宽的
需求持续增长。在这种情况下，在未来的接入网络中需要将数据速率
提升到每波长 10Gb/s 以上。

15 近来，电气和电子工程师协会 (IEEE) 802.3 标准中的下一代以
太网无源光网络 (NG-EPON) 备受业内关注，因为其旨在为终端用
户的不能满足的带宽需求提供成本有效的方案。目前，作为用于
NG-EPON 的一种选择方案，标准工作组的讨论集中于各自具有
25Gb/s 传输速率的 4 个波长通道，以实现 100Gb/s 传输速率的
20 NG-EPON。

发明内容

总体上，本公开的实施例提供在 OLT 和 ONU 处实施的用于发送
和接收数据的方法及设备。

25 在一个方面，本公开的实施例提供一种在 OLT 处实施的用于发
送数据的方法。该方法包括：在 OLT 处，对在多个波长通道上待发
送的数据进行编码；将经编码的所述数据提供给相应的激光器作为调
制输入，以使所述激光器产生表示所述数据的光信号；对所述光信号
进行复用；以及对经复用的光信号进行均衡以便通过光传输链路传

输。

在此方面，本公开的实施例还提供一种在 OLT 处实施的用于发送数据的设备。该设备包括：编码器，被配置用于对在多个波长通道上待发送的数据进行编码；信号产生器，被配置用于将经编码的所述数据提供 5 给相应的激光器作为调制输入，以使所述激光器产生表示所述数据的光信号；复用器，被配置用于对所述光信号进行复用；以及均衡器，被配置用于对经复用的光信号进行均衡以便通过光传输链路传输。

在另一方面，本公开的实施例提供一种在 OLT 处实施的用于接收数据的方法。该方法包括：在 OLT 处，对从光传输链路接收的光信号进行均衡；对经均衡的光信号进行解复用；将经解复用的光信号转换成电信号；对所述电信号进行解码以及以确定所述数据。 10

在此方面，本公开的实施例还提供一种在 OLT 处实施的用于接收数据的设备。该设备包括：均衡器，被配置用于对从光传输链路接收的光信号进行均衡；解复用器，被配置用于对经均衡的光信号进行解复用；光电转换器，被配置用于将经解复用的光信号转换成电信号；以及解码器，被配置用于对所述电信号进行解码以确定所述数据。 15

在另一方面，本公开的实施例提供一种在 ONU 处实施的用于发送数据的方法。该方法包括：在 ONU 处，对待发送的数据进行编码；将经编码的所述数据提供给激光器作为调制输入，以使所述激光器产生表示所述数据的光信号；以及对所述光信号进行复用以便通过光传输链路传输。 20

在此方面，本公开的实施例还提供一种在 ONU 处实施的用于发送数据的设备。该设备包括：编码器，被配置用于对待发送的数据进行编码；信号产生器，被配置用于将经编码的所述数据提供给激光器作为调制输入，以使所述激光器产生表示所述数据的光信号；以及复用器，被配置用于对所述光信号进行复用以便通过光传输链路传输。 25

在另一方面，本公开的实施例提供一种在 ONU 处实施的用于接收数据的方法。该方法包括：在 ONU 处，对从光传输链路接收的光

信号进行解复用；从经解复用的光信号中选择与特定波长通道对应的光信号；将选择的光信号转换成电信号；以及对所述电信号进行解码以确定所述数据。

在此方面，本公开的实施例还提供一种在 ONU 处实施的用于接收数据的设备。该设备包括：解复用器，被配置用于对从光传输链路接收的光信号进行解复用；选择器，被配置用于从经解复用的光信号中选择与特定波长通道对应的光信号；光电转换器，被配置用于将选择的光信号转换成电信号；以及解码器，被配置用于对所述的电信号进行解码以确定所述数据。

10 根据本公开实施例的方案，能够实现诸多有益的技术效果。例如，可以使得在系统成本和复杂度较低的情况下实现支持 100Gb/s 及以上传输速率的 NG-EPON 系统。

应当理解，发明内容部分中所描述的内容并非旨在限定本公开实施例的关键或重要特征，亦非用于限制本公开的范围。本公开的其它特征将通过以下的描述变得容易理解。

附图说明

结合附图并参考以下详细说明，本公开各实施例的上述和其他特征、优点及方面将变得更加明显。在附图中，相同或相似的附图标记表示相同或相似的元素，其中：

图 1 示出了本公开实施例可在其中实施的网络系统的示意图；

图 2 示出了根据本公开实施例的在 OLT 处实施的用于发送数据的方法的流程图；

图 3 示出了根据本公开实施例的在 ONU 处实施的用于接收数据的方法的流程图；

图 4 示出了根据本公开实施例的在 ONU 处实施的用于发送数据的方法的流程图；

图 5 示出了根据本公开实施例的在 OLT 处实施的用于接收数据的方法的流程图；

图 6 示出了根据本公开实施例的在 OLT 处实施的用于发送数据的设备的示意结构框图；

图 7 示出了根据本公开实施例的在 ONU 处实施的用于接收数据的设备的示意结构框图；

5 图 8 示出了根据本公开实施例的在 ONU 处实施的用于发送数据的设备的示意结构框图；

图 9 示出了根据本公开实施例的在 OLT 处实施的用于接收数据的设备的示意结构框图；

10 图 10 示出了根据本公开实施例的 NG-EPON 系统的示例性实现的示意图；

图 11 示出了根据本公开实施例的循环 AWG 响应、MZI 以及下行和上行波长的频谱分布的示意图；

图 12 示出了根据本公开实施例的在均衡之前和在均衡之后的波长通道的频谱示意图；

15 图 13 示出了根据本公开实施例的特定波长通道的数据信号的波形示意图；以及

图 14 示出了根据本公开实施例的特定波长通道的数据信号的对应眼图的示意图。

20 具体实施方式

下面将参照附图更详细地描述本公开的实施例。虽然附图中示出了本公开的一些实施例，然而应当理解的是，本公开可以通过各种形式来实现，而且不应该被解释为限于这里阐述的实施例，相反提供这些实施例是为了更加透彻和完整地理解本公开。应当理解的是，本公
25 开的附图及实施例仅用于示例性作用，并非用于限制本公开的保护范围。

在此使用的术语“包括”及其变形是开放性包括，即“包括但不限于”。术语“基于”是“至少部分地基于”。术语“一个实施例”表示“至少一个实施例”；术语“另一实施例”表示“至少一个另外的实施例”。其

他术语的相关定义将在下文描述中给出。

下面首先结合图 1 描述 NG-EPON 的基本架构。图 1 示出了本公开实施例可在其中实施的网络系统 100 的示意图。如图 1 所示，系统 100（接入网）可以包括 OLT 110、ONU1-ONU_n（n 为正整数）120、
5 光纤线路 130 和分光/合光器 140。在下行方向上，OLT 110 可以接收来自核心网的待发送的数据，将待发送的数据通过多个波长通道（作为示例，在图中示出 4 个波长通道）调制到光信号上，并将调制后的相应光信号在多路复用器（MUX）处进行多路复用，然后将下行和上行的光信号在波分复用/解复用器（WDM）处进行波分复用以通过光
10 传输链路发送到 ONU 侧。如图所示，光传输链路可以包括光纤线路 130 和分光/合光器 140。经 WDM 的光信号通过光纤线路 130 从 OLT 侧被传送到 ONU 侧，并通过分光/合光器 140 分发到各个 ONU1-ONU_n 120。ONU1-ONU_n 120 各自选择特定波长的光信号并从中获取数据，并将获取到的数据传送给驻地网中的用户终端。在上行方向上，
15 ONU1-ONU_n 120 各自可以接收来自驻地网的待发送的数据，将待发送的数据调制到特定波长的光信号上，并将上行和下行的光信号进行 WDM 以通过光传输链路发送到 OLT 侧。具体地，经 WDM 的光信号可以通过分光/合光器 140 与其它 ONU 的光信号合并到一起，以便通过光纤线路 130 传送到 OLT 侧。OLT 110 然后从接收到的光信号中获
20 取数据并传送给核心网进行处理。

在上述系统 100 的架构下，如前面提到的，IEEE 802.3 标准工作组的讨论集中于各自具有 25Gb/s 传输速率的 4 个波长通道，以实现 100Gb/s 传输速率的 NG-EPON。然而，在 25Gb/s 的传输速率下，使用商用的光学组件开发成本有效的光学收发器是一项极具挑战性的
25 任务，特别是对于在 ONU 侧的上行方向尤为如此。在传统的吉比特无源光网络（GPON）/以太网无源光网络（EPON）中，ONU 发射机是不可调谐的并且比特速率被限制为 2.5Gb/s。因此不可能直接将 GPON/EPON 发射机用于 NG-EPON。即使在 TWDM-PON 系统中，尽管 ONU 发射机是可调谐的，但其最大比特速率仍被限制为 10Gb/s，

从而也不适用于 NG-EPON。直观上而言，可以将高速的马赫-曾德（Mach-Zehnder）调制器（MZM）或电吸收调制器（EML）的外调制方法用于 NG-EPON，但这些技术特别是在 25Gb/s 的数据速率下操作时是偏振敏感的或者是相当昂贵的，导致它们对于接入网应用不是成本有效的。此外，当用于接入网中的上行和下行的传输速率提高至 25Gb/s 时，引发的对应接收机和电子处理组件的成本也比低比特速率情况下明显增加。

另一方面，在一些已知的方案中还提出将诸如双二进制、四电平脉幅调制（PAM-4）之类的先进光学调制格式用于 NG-EPON，因为这些先进光学调制格式有利于缓和 NG-EPON 的电子和光学组件的带宽要求。然而，在这些现有方案中，同样都是基于 10Gb/s 或以上的高速外调制来产生每波长通道 25Gb/s 比特速率信号。相应地，同样必须引入复杂的数字信号处理（DSP）和均衡算法（FFE、LMS 或 MLSE 等）来补偿由于诸如光电检测器、外调制器和电放大器之类的电子或光学组件的不足带宽导致的信号降级。对于上行方向，由于 ONU 对成本非常敏感，使用昂贵的高速外调制方法和复杂的 DSP 使得 ONU 成本特别高，这会限制 NG-EPON 在将来的大规模部署。对于下行方向，尽管 OLT 成本可以由所有 ONU 分担，但在 OLT 侧使用 4 个并行的昂贵的 25Gb/s 高速发射机仍会增加系统成本和复杂度。

鉴于上述现有技术中的问题，本发明的基本构思就在于，代替外调制激光器，将直接调制激光器（DML）应用于数据的上行或下行发送。在 DML 的情况下，只需要向激光器提供电调制信号作为调制输入，而无需额外的光调制器之类的组件。由此可以显著降低系统成本和复杂度。基于该构思，本公开实施例相应地提供分别在 OLT 和 ONU 处实施的用于发送和接收数据的方法。下面结合图 2-图 5 详细描述若干示例实现。

图 2 示出了根据本公开实施例的在 OLT 处实施的用于发送数据的方法 200 的流程图。该方法 200 可以在图 1 所示的 OLT 110 处实施。如图 2 所示，在步骤 210，对在多个波长通道上待发送的数据进行编

码。该步骤可以在图 1 所示的 OLT 110 处的发射机 1-4 中的任意发射机处实施。作为示例，在本公开的实施例中，利用 4 个波长通道传输待发送的数据，其中每个波长通道实现 25Gb/s 的传输速率。但本公开实施例并不限于此，而是可以适用于其它合适数量的波长通道和其它合适的传输速率。

这里，待发送的数据可以为非归零 (NRZ) 数据。根据本公开的实施例，可以通过任意合适的编码方式来对待发送的数据进行编码，以使其适用于传输。在一个实施例中，可以对待发送的数据进行双二进制编码。例如，可以通过对待发送的数据进行电滤波，例如低通滤波，来将待发送的数据转化成双二进制格式。由此，可以大大节省 ONU 的接收机带宽。当然，本公开实施例并不限于此，而是可以采用本领域已知或未来开发的任意合适的编码方式。例如，在其它实施例中，可以采用四电平脉幅调制 (PAM-4) 方式来对待发送的数据进行编码。

在步骤 220，将经编码的数据提供给相应的激光器作为调制输入，以使激光器产生表示数据的光信号。该步骤同样可以在图 1 所示的 OLT 110 处的发射机 1-4 中的任意发射机处实施。

根据本公开的实施例，激光器可以为本领域已知或未来开发的任意合适的激光器。在一个实施例中，激光器可以是宽带激光器。例如，3dB 带宽为 25GHz 的高速激光器。在备选实施例中，激光器可以是窄带激光器。例如，3dB 带宽为 2.5GHz 或 10GHz 的低速激光器。在这种窄带激光器的情况下，能够实现系统的更低成本。应理解到，本公开实施例并不限于此，而是可以采用本领域已知或未来开发的具有任意合适 3dB 带宽的激光器。

在其它实施例中，可以使用固定波长的激光器。在这种情况下，在 OLT 侧，每个激光器的波长都需要被精确地制造以独立地生成与多路复用组件的通带对准的下行波长。在备选实施例中，可以使用波长可调谐的激光器。例如具有加热器的波长可调谐激光器，其可以具有 3nm 的小波长调谐范围。在这种情况下，通过后续引入循环阵列波

导光栅 (AWG) 用于多路复用, 可以大大缓和所需的波长制造精度, 从而可以降低成本。

根据本公开的实施例, 可以将激光器的偏置电流选择为激光器的阈值电流的 3 倍至 5 倍, 并且将激光器的调制电流选择为略高于激光器的阈值电流。当然, 激光器的偏置电流和调制电流的选取并不限于上述实施例, 本领域技术人员可以根据需要采用任何合适的其它方式。由此, 在将经编码的数据提供给相应的激光器作为调制输入的情况下, 通过调整激光器的偏置电流和调制电流, 可以使激光器直接产生表示数据的光信号, 而无需像外调制方法中那样还需要额外的光调制器模块。因此, 可以降低系统复杂度和相应降低系统成本。

在步骤 230, 对产生的光信号进行复用。根据本公开的实施例, 该步骤可以包括对光信号进行多个波长通道之间的多路复用以及上行和下行之间的波分复用, 如图 1 所示的 OLT 110 处的多路复用器 (MUX) 和波分复用/解复用器 (WDM) 所示。在一个实施例中, 可以对光信号进行前面提及的循环 AWG 复用, 并且对经循环阵列波导光栅复用的光信号进行波分复用。根据本公开的实施例, 在传输功率达不到要求的情况下, 可以放大所述经循环阵列波导光栅复用的光信号并对经放大的光信号进行波分复用。这些复用的处理是本领域技术人员熟知的, 这里不再赘述, 以免混淆本发明。

在步骤 240, 对经复用的光信号进行均衡以便通过光传输链路传输。如上所述, 通过直接调制方式产生光信号。然而, 直接调制产生的光信号的传输性能可能不够理想, 导致在单模光纤上的传输之后光信号会失真。为了便于恢复在经过直接调制激光器和单模光纤传输之后的光信号, 根据本公开的实施例, 可以在下行发送之前 (例如在图 1 所示的光纤线路 130 之前), 对经复用的光信号进行均衡以便通过光传输链路传输。

应理解到, 可以采用本领域已知或未来开发的任意合适的光学均衡器来实施。例如, 在一个实施例中, 可以采用基于简单的 MZI 的光学均衡器来实施。以此方式, 可以在中央局处对下行和上行的多个

高速波长通道集中地执行光学均衡和信号恢复。光学均衡器的成本由所有 ONU 分担，所以每个 ONU 的成本可以维持为非常低，同时可以支持高达 25Gb/s 的高比特速率信号传输，而无需借助于高速且昂贵的外调制。此外，也无需使用任何额外的光学色散补偿模块或电子色散补偿 (EDC)。另外，也使得在接收侧 (ONU 侧) 无需设置复杂的电均衡和 DSP 处理模块，使得接收侧的结构大大简化，成本降低。

根据本公开的一个实施例，可以将 MZI 的频谱响应设计为使得其自由频谱范围为波长通道间隔的一半。例如，对于下行和上行信号的 100GHz 通道间隔，可以将自由频谱范围选择为 50GHz。这样可以更有效地执行均衡和光信号的恢复。在这种情况下，下行和上行信号的波长都不再精确地对准到干涉仪的每个通带的峰值频率，而是相对于这些波长通道具有频率红移。在一个实施例中，可以将频率红移选择为干涉仪的频谱范围的三分之一，以便于有效地执行多通道双工光学均衡。

继而，经均衡的光信号可以被通过光传输链路传输。例如，经由如图 1 所示的包括光纤线路 130 和分光/合光器 140 的光传输链路，将光信号从 OLT 侧发送到 ONU 侧。

至此描述了根据本公开实施例的在 OLT 处实施的用于发送数据的方法。相应地，本公开实施例还提供在 ONU 处实施的用于接收数据的方法。下面结合图 3 进行更详细说明。图 3 示出了根据本公开实施例的在 ONU 处实施的用于接收数据的方法 300。该方法 300 可以在图 1 所示的 ONU1-ONU_n 120 中的任意 ONU 处实施，例如可以在接收机 1-n 中的任意接收机处实施。

如图 3 所示，在步骤 310，对从光传输链路接收的光信号进行解复用。该步骤可以在图 1 所示的 ONU1-ONU_n 120 中的波分复用/解复用器 (WDM) 处实施。例如，ONU1-ONU_n 120 可以从光传输链路上的分光器 140 接收从 OLT 110 传送的经复用和均衡后的光信号，并对该光信号进行解复用。

在步骤 320，从经解复用的光信号中选择与特定波长通道对应的

光信号。根据本公开的实施例，该步骤可以通过可调谐滤波器来实施。使用可调谐滤波器来选择期望检测到波长通道。在 OLT 侧使用固定波长的 DML 的情况下，需要对可调谐滤波器进行少量波长调谐来覆盖 4 个下行波长。而在 OLT 侧使用波长可调谐的 DML 的情况下，需要增加可调谐滤波器的波长调谐范围以便有效地覆盖 4 个下行波长。应理解到，本公开实施例对此并不作任何限制。

在步骤 330，将选择的光信号转换成电信号。该步骤可以通过光电检测器实施。该步骤的处理在本领域中是熟知的，这里不再赘述，以免混淆本发明。

在步骤 340，对电信号进行解码以确定数据。该步骤可以是与前面结合图 2 所示的步骤 210 中所述的编码处理相对应的解码处理。根据本公开的一个实施例，可以对电信号进行低通滤波，并对经低通滤波的电信号进行解码以确定数据。在一个实施例中，可以将低通滤波器的截止频率选择为比特速率的 0.25-0.3 倍。在这种情况下，针对经直接调制产生的光信号，在 ONU 侧通过引入额外的低通滤波器或者特别地设计光电探测器和跨阻放大器（TIA）响应，可以实现对该光信号的低通滤波处理。由此，可以进一步改善所恢复的信号的性能。

根据本公开的实施例，在 ONU 处实施的用于接收数据的方法 300 中，无需像现有方案中那样进行电信号的电均衡处理以及相关的 DSP 处理，因此 ONU 侧的接收机结构大大简化，提高了成本有效性。另外，通过额外的低通滤波处理，即可简单地实现信号恢复性能的改善。

上面结合图 2 和图 3 描述了根据本公开实施例的在下行方向上的数据收发方法。相应地，本公开实施例还提供在上行方向上的数据收发方法。下面结合图 4 和图 5 进行更详细说明。图 4 示出了根据本公开实施例的在 ONU 处实施的用于发送数据的方法 400。该方法可在图 1 所示的 ONU1-ONU_n 120 处的发射机 1-n 中的任意发射机处实施。

如图 4 所示，在步骤 410，对待发送的数据进行编码。该步骤 410 的处理类似于前面结合图 2 所示的步骤 210 的处理，这里不再赘述。在步骤 420，将经编码的数据提供给激光器作为调制输入，以使激光

器产生表示数据的光信号。该步骤 420 的处理类似于前面结合图 2 所示的步骤 220 的处理，这里不再赘述。在步骤 430，对光信号进行复用以便通过光传输链路传输。该步骤 430 可以通过图 1 所示的 ONU1-ONU_n 120 中的波分复用/解复用器 (WDM) 来实施，以对上
5 行和下行的光信号进行波分复用，继而经由分光/合光器 140 与其它 ONU 的光信号合并在一起以在光纤线路 130 上传送到 OLT 110 侧。

根据本公开的实施例，在 ONU 处实施的用于发送数据的方法 400 中，通过电调制信号直接调制激光器，使得激光器直接产生表示数据的光信号，而无需像外调制方法中那样还需要额外的光调制器模块。
10 因此，ONU 侧的发射机结构可以大大简化且成本降低，从而可以便于 NG-EPON 在未来的大规模部署，同时降低整个系统的成本和复杂度。

至此描述了根据本公开实施例的在 ONU 处实施的用于发送数据的方法。相应地，本公开实施例还提供在 OLT 处实施的用于接收数据的方法。下面结合图 5 进行更详细描述。图 5 示出了根据本公开实施例的在 OLT 处实施的用于接收数据的方法 500。该方法 500 可以在
15 图 1 所示的 OLT 110 处实施，例如可以在接收机 1-4 中的任意接收机处实施。

如图 5 所示，在步骤 510，对从光传输链路接收的光信号进行均
20 衡。根据本公开的实施例，OLT 110 从光传输链路例如光纤线路 130 接收的光信号是 ONU 侧经过直接调制方式产生的。如前面对图 2 的步骤 240 的描述中提及的，直接调制产生的光信号在单模光纤上的传输之后光信号会失真。根据本公开的实施例，可以在上行接收到光信号之后，就对光信号进行光学均衡，以便于恢复在经过直接调制激光器和单模光纤传输之后的光信号。应理解到，可以采用本领域已知或
25 未来开发的任意合适的光学均衡器来实施。例如，在一个实施例中，可以采用基于简单的 MZI 的光学均衡器来实施。以此方式，可以在中央局处对下行和上行的多个高速波长通道集中地执行光学均衡和信号恢复。该步骤 510 的处理类似于前面结合图 2 描述的步骤 240 的

处理，这里不再赘述。

在步骤 520，对经均衡的光信号进行解复用。根据本公开的实施例，该步骤可以包括对经均衡的光信号进行上行和下行之间的波分解复用以及多个波长通道之间的多路解复用，该步骤可以在图 1 所示的 OLT 110 中的波分复用/解复用器 (WDM) 以及多路解复用器 (DEMUX) 处实施。该步骤 520 的解复用处理可以与前面结合图 2 所述的步骤 230 的复用处理相对应。例如，在一个实施例中，可以对光信号进行循环 AWG 解复用。根据本公开的实施例，在传输功率达不到要求的情况下，可以预放大经波分解复用的光信号并对经波分解复用的光信号进行循环 AWG 解复用。这些解复用的处理是本领域技术人员熟知的，这里不再赘述，以免混淆本发明。

在步骤 530，针对各个波长通道，将解复用的光信号转换成电信号。该步骤可以通过光电检测器实施。该步骤的处理在本领域中是熟知的，这里不再赘述，以免混淆本发明。

在步骤 540，对电信号进行解码以确定数据。该步骤可以是与前面结合图 3 所示的步骤 310 中所述的编码处理相对应的解码处理。根据本公开的一个实施例，可以对电信号进行低通滤波，并对经低通滤波的电信号进行解码以确定数据。在一个实施例中，可以将低通滤波器的截止频率选择为比特速率的 0.25-0.3 倍。在这种情况下，针对经直接调制产生的光信号，在 ONU 侧通过引入额外的低通滤波器或者特别地设计光电探测器和 TIA 响应，可以实现对该光信号的低通滤波处理。由此，可以进一步改善所恢复的信号的性能。

根据本公开的实施例，在 OLT 处实施的用于接收数据的方法 500 中，可在 OLT 侧对下行和上行信号集中地执行光学均衡，而无需在 OLT 侧的各个接收机处分别设置光学均衡模块，从而使得接收机结构复杂度降低。另外，这样也可以使得在 ONU 侧无需设置均衡模块，从而 ONU 侧发射机结构简化，提高了成本有效性。另外，通过额外的低通滤波处理，即可简单地实现信号恢复性能的改善。

与上面描述的用于发送和接收数据的方法 200-500 相对应地，本

公开的实施例还可以提供在 OLT 和 ONU 处实施的相应设备。下面结合图 6 至图 9 进行详细说明。

图 6 示出了根据本公开实施例的在 OLT 处实施的用于发送数据的设备 600 的示意结构框图。应理解到，设备 600 可以实现在例如图 1 中所示的 OLT 110 上。如图 6 所示，设备 600 可以包括编码器 610、信号产生器 620、复用器 630 和均衡器 640。

编码器 610 可以被配置用于对在多个波长通道上待发送的数据进行编码。在一个实施例中，编码器 610 可以被配置用于通过对数据的低通滤波来对数据进行双二进制编码。

10 信号产生器 620 可以被配置用于将经编码的数据提供给相应的激光器作为调制输入以使激光器产生表示数据的光信号。根据本公开的实施例，激光器可以为本领域已知或未来开发的任意合适的激光器。在一个实施例中，激光器可以为窄带激光器。在一个实施例中，激光器的偏置电流可以被选择为该激光器的阈值电流的 3 倍至 5 倍，并且
15 激光器的调制电流可以被选择为略高于该激光器的阈值电流。

复用器 630 可以被配置用于对光信号进行复用。在一个实施例中，复用器 630 可以包括（未示出）：第一复用器，被配置用于对光信号进行循环 AWG 复用；以及第二复用器，被配置用于对经循环 AWG 复用的光信号进行波分复用。在一个实施例中，设备 600 还可以包括
20 （未示出）放大器，该放大器被配置用于放大经循环 AWG 复用的光信号。在这种情况下，第二复用器可以被配置用于对经放大的光信号进行波分复用。

均衡器 640 可以被配置用于对经复用的光信号进行均衡以便通过光传输链路传输。

25 图 7 示出了根据本公开实施例的在 ONU 处实施的用于接收数据的设备 700 的示意结构框图。应理解到，设备 700 可以实现在例如图 1 中所示的 ONU1-ONU_n 120 中的任意 ONU 上。

如图 7 所示，设备 700 可以包括解复用器 710、选择器 720、光电转换器 730 和解码器 740。解复用器 710 可以被配置用于对从光传

输链路接收的光信号进行解复用。选择器 720 可以被配置用于从经解复用的光信号中选择与特定波长通道对应的光信号。光电转换器 730 可以被配置用于将选择的光信号转换成电信号。解码器 740 可以被配置用于对电信号进行解码以确定数据。

5 在一个实施例中，设备 700 还可以包括（未示出）滤波器，该滤波器被配置用于对电信号进行低通滤波。在这种情况下，解码器 740 可以被配置用于对经低通滤波的电信号进行解码以确定数据。

图 8 示出了根据本公开实施例的在 ONU 处实施的用于发送数据的设备 800 的示意结构框图。应理解到，设备 800 可以实现在例如图
10 1 中所示的 ONU1-ONU_n 120 中的任意 ONU 上。

如图 8 所示，设备 800 可以包括编码器 810、信号产生器 820 和复用器 830。编码器 810 可以被配置用于对待发送的数据进行编码。在一个实施例中，编码器 810 可以被配置用于通过对数据的低通滤波来对所述数据进行双二进制编码。信号产生器 820 可以被配置用于将
15 经编码的数据提供给激光器作为调制输入，以使激光器产生表示数据的光信号。根据本公开的实施例，激光器可以为本领域已知或未来开发的任意合适的激光器。在一个实施例中，激光器可以为窄带激光器。在一个实施例中，激光器的偏置电流可以被选择为该激光器的阈值电
20 流的 3 倍至 5 倍，并且激光器的调制电流可以被选择为略高于该激光器的阈值电流。复用器 830 可以被配置用于对光信号进行复用以便通过光传输链路传输。

图 9 示出了根据本公开实施例的在 OLT 处实施的用于接收数据的设备 900 的示意结构框图。应理解到，设备 900 可以实现在例如图
1 中所示的 OLT 110 上。

25 如图 9 所示，设备 900 可以包括均衡器 910、解复用器 920、光电转换器 930 和解码器 940。均衡器 910 可以被配置用于对从光传输链路接收的光信号进行均衡。解复用器 920 可以被配置用于对经均衡的光信号进行解复用。光电转换器 930 可以被配置用于将经解复用的光信号转换成电信号。解码器 940 可以被配置用于对电信号进行解码

以确定数据。

在一个实施例中，设备 900 还可以包括（未示出）滤波器，该滤波器被配置用于对电信号进行低通滤波。在这种情况下，解码器 940 可以被配置用于对经低通滤波的电信号进行解码。

5 应当理解，设备 600、设备 700、设备 800 和设备 900 中记载的每个元件或单元分别可被配置为实现上文参考图 2、图 3、图 4 和图 5 描述的方法 200、300、400 和 500 中的相应步骤。而且，设备 600、设备 700、设备 800 和设备 900 及其中包含的元件或单元的操作和特征都对应于上文结合图 2 至图 5 描述的操作和特征，并且具有同样的效果，具体细节不再赘述。

10 设备 600、设备 700、设备 800 和设备 900 中所包括的元件或单元可以利用各种方式来实现，包括硬件、固件、软件或其任意组合。在一个实施例中，设备 600、设备 700、设备 800 和设备 900 中的部分或者全部元件或单元可以至少部分地由一个或多个硬件设备或者模块来实现。作为示例而非限制，可以使用的示范类型的硬件逻辑组件包括现场可编程门阵列（FPGA）、专用集成电路（ASIC）、专用标准品（ASSP）、片上系统（SOC）、复杂可编程逻辑器件（CPLD），等等。备选地，一个或多个单元可以使用软件和/或固件来实现，例如存储在存储介质上的机器可执行指令。

20 此外，还应理解，在上述设备中，某些单元或者模块可以包括子单元或者子模块。例如，一个放大器可以包括多个执行相同或不同功能的放大器，等等。为了清晰简洁起见，这些子单元或者子模块未在图中示出。

25 以上结合图 2 至图 9 对根据本公开实施例的分别在 OLT 和 ONU 处实施的用于发送和接收数据的方法和设备进行了描述。为便于理解，下面结合图 10 描述一种具体场景，应理解到，其仅为示例说明，并不用于进行任何限制。

图 10 示出了根据本公开实施例的 NG-EPON 系统 1000 的示例性实现的示意图。在本系统 1000 中，在上行和下行方向上利用四个波

长通道传送待发送的数据，其中每波长通道传输 25Gb/s NRZ 数据，从而实现 100Gb/s 的聚合对称容量。其中图 10 (a) 示出根据本公开实施例的 NG-EPON 系统 1000 的整个系统架构，图 10 (b) 示出该架构中的发射机的示例性实现，图 10 (c) 示出该架构中的接收机的示例性实现。

如图 10(a)所示，系统 1000 包括 OLT 1010、n 个 ONU 1020₁-1020_n (n 为正整数) 以及光传输链路 1030。OLT 1010 包括 4 个发射机 1011₁-1011₄、4 个接收机 1012₁-1012₄、循环 AWG 复用器 1013、循环 AWG 解复用器 1014、升压放大器 1015、前置放大器 1016、波分复用/解复用器 1017 和基于 MZI 的均衡器 1018。ONU 1020₁-1020_n 中的每一个都包括发射机 1021、可调谐滤波器 1022、接收机 1023 和波分复用/解复用器 1024。光传输链路 1030 包括光纤线路 1031 和分光/合光器 1032。

由于图 10 (a) 中的发射机 1011₁-1011₄ 和 1021 可以具有相同结构，因此在图 10 (b) 中仅示出发射机 1021 的结构，以此为例进行说明。如图 10 (b) 所示，发射机 1021 可以包括低通滤波器 1021-1、偏置电流源 1021-2 和 2.5G 可调谐 DML 1021-3。类似地，由于图 10 (a) 中的接收机 1012₁-1012₄ 和 1023 可以具有相同结构，因此在图 10 (c) 中仅示出接收机 1023 的结构，以此为例进行说明。如图 10 (c) 所示，接收机 1023 可以包括光电转换器 1023-1、低通滤波器 1023-2 和双二进制解码器 1023-3。

在上述系统 1000 中的下行方向上，OLT 1010 处的各发射机 1011₁-1011₄ 对待发送的数据进行双二进制编码，并将经编码的数据输入 2.5G 可调谐 DML 以产生表示该数据的光信号，如 λ_{1d} - λ_{4d} 所示。循环 AWG 复用器 1013 对各波长通道的光信号进行循环 AWG 复用，并由升压放大器 1015 对其放大。继而，上行和下行信号经由波分复用/解复用器 1017 进行波分复用，并经由基于 MZI 的均衡器 1018 进行均衡以在光传输链路 1030 上传输。在 ONU 1020₁-1020_n 中的各 ONU 处，波分复用/解复用器 1024 对接收到的光信号进行解复用，并

经由可调谐滤波器 1022 选择针对例如波长通道 λ_{1d} 的光信号，继而输入给接收机 1023。在接收机 1023 中，由光电转换器 1023-1 将光信号转换成电信号，并由低通滤波器 1023-2 对电信号进行低通滤波，然后由双二进制解码器 1023-3 进行双二进制解码以确定对应数据。

5 在上述系统 1000 中的上行方向上，在 ONU 1020₁-1020_n 中的各 ONU 处，以 ONU 1020₁ 为例，发射机 1021 对待发送的数据进行双二进制编码，并将经编码的数据输入 2.5G 可调谐 DML 以产生表示该数据的光信号，如 λ_{1u} 所示。经由波分复用/解复用器 1024 将上行和下行信号波分复用，以在光传输链路 1030 上传输。在 OLT 1010 处，
10 由基于 MZI 的均衡器 1018 对接收到的光信号进行均衡，经由波分复用/解复用器 1017 对经均衡的光信号进行解复用，经前置放大器 1016 进行放大处理，并经由循环 AWG 解复用器 1014 进行解复用，继而输入给各自接收机 1012₁-1012₄ 以类似上述接收机 1023 的方式解码相应数据。

15 发明人对本公开实施例的性能进行了定量地验证，充分证明了其有益的技术效果。下面结合图 11-图 14 进行详细说明。特别地，下面给出的实验数据是针对系统 1000 而获得的。但是本公开的其他实施例同样可以实现这些有益的效果。

图 11 示出了根据本公开实施例的循环 AWG 响应、MZI 以及下行和上行波长的频谱分布的示意图 1100。在示意图 1100 中，(a) 是针对具有固定波长的 DML 的情况，(b) 是针对具有波长可调谐的 DML 的情况。在 (a) 和 (b) 这两种情况下，下行和上行信号的波长都不再精确地对准到干涉仪的每个通带的峰值频率，而是相对于这些波长通道具有频率红移。在一个实施例中，可以将频率红移选择为
25 干涉仪的频谱范围的三分之一，以便于有效地执行多通道双工光学均衡。

如前面提及的，通过在 OLT 侧引入循环 AWG，也可以实现多路复用/解复用使得将 DML 的波长调谐范围大大缓和为 3nm。与 MZI 不同，下行和上行波长应与 AWG 通道的传输峰值对准。如图 11 (a)

所示，对于具有固定波长的 DML 的情况，4 个发射机的下行波长被适当地制造以具有从对应通带的峰值频率的频率偏移。在这种情况下，对于下行可以不应用循环 AWG。关于上行信号，由于针对每个 ONU 采用可调谐 DML，所以可以应用循环 AWG 来缓和波长调谐范围。

作为示例，对于具有在 λ_{5u} 和 λ_{6u} 之间的初始波长的 ONU3 而言，为了将其波长调整到目标通道 3 (Ch3) 中，激光器波长无需经由大范围波长调谐被调整到 λ_{3u} 中，而是可以通过加热来以相当少量的波长改变而直接调谐到 λ_{7u} 中，使得可以最终从循环 AWG 的端口 3 输出以执行多路解复用。类似地，对于其中在 OLT 和 ONU 处都具有波长可调谐发射机的图 11 (b)，也可以针对下行和上行信号应用循环 AWG 复用。如从图 4 (b) 可见，对于 OLT 侧，如果针对通道 2 (Ch2) 的初始波长定位在 λ_{5d} 和 λ_{6d} 之间，则可以将波长调谐到 λ_{6d} 而不是 λ_{2d} ，所以也可以缓和波长调谐范围。

图 12 示出了根据本公开实施例的在 MZI 之前和 MZI 之后的波长通道的频谱示意图 1200。在本例中，使用分别为 193.387 THz (λ_{1u})、193.487 THz (λ_{2u})、193.687 THz (λ_{4u}) 和 193.987 THz (λ_{7u}) 四个波长通道，如图 12 (a) 所示。这四个波长由 2.5GHz DML 产生并由 25Gb/s 双二进制数据调制。假设激光器的阈值电流为 21mA，偏置电流可以设置为 80mA，且调制电流可以设置为 25mA。在这种情况下，无需使用任何光放大器来补偿损耗。在经过 20km 单模光纤的传输之后，首先利用具有 50GHz 自由光谱范围 (FSR) 的 MZI 执行光学均衡。干涉仪的每个通带的峰值波长相对于四个通道被蓝移 17GHz。在均衡之后，所有四个通道被同时重整形，如图 12 (b) 所示。可见每个通道的频谱由于光学均衡而被略切除。由于该频谱重整形，失真的上行 25Gb/s 双二进制信号被再生。

图 13 示出了根据本公开实施例的特定波长通道 λ_{4u} 的数据信号的波形示意图 1300。其中，图 13 (a) 示出原始双二进制数据的波形，图 13 (b) 示出在经过 20km 单模光纤的传输之后的波形，图 13 (b)

示出在光学均衡之后被恢复的波形。可见，在经过 20km 单模光纤的传输之后的严重失真的双二进制数据信号经过光学均衡后被成功恢复。

图 14 示出了根据本公开实施例的特定波长通道 λ_{40} 的数据信号的对应眼图的示意图 1400。图 14 (a) 示出在未使用基于 MZI 的光学均衡器的情况下关于所恢复的信号的眼图，其中眼图是完全闭合的并且没有检测到双二进制数据。图 14 (b) 示出在采用光学均衡器均衡并且经由 12.5GHz 低通滤波器滤波后的信号的眼图，其中除了上部没有完全张开之外，所恢复的信号的眼图是张开的。图 14 (c) 示出在采用光学均衡器均衡并且经由 6.75GHz 低通滤波器滤波后的信号的眼图，其中所恢复的信号的眼图是完全张开的。由此可见，通过设计光电检测器和 TIA 响应来实现低通滤波操作以呈现作为比特速率的 0.25-0.3 倍的截止频率，可以确保所恢复的信号的性能。

至此已经结合各种实施例对本发明进行了详细说明。一般而言，本公开的各种示例实施例可以在硬件或专用电路、软件、逻辑，或其任何组合中实施。某些方面可以在硬件中实施，而其他方面可以在可以由控制器、微处理器或其他计算设备执行的固件或软件中实施。当本公开的实施例的各方面被图示或描述为框图、流程图或使用某些其他图形表示时，将理解此处描述的方框、装置、系统、技术或方法可以作为非限制性的示例在硬件、软件、固件、专用电路或逻辑、通用硬件或控制器或其他计算设备，或其某些组合中实施。

作为示例，本公开的实施例可以在机器可执行指令的上下文中被描述，机器可执行指令诸如包括在目标的真实或者虚拟处理器上的器件中执行的程序模块中。一般而言，程序模块包括例程、程序、库、对象、类、组件、数据结构等，其执行特定的任务或者实现特定的抽象数据结构。在各实施例中，程序模块的功能可以在所描述的程序模块之间合并或者分割。用于程序模块的机器可执行指令可以在本地或者分布式设备内执行。在分布式设备中，程序模块可以位于本地和远程存储介质二者中。

用于实现本公开的方法的计算机程序代码可以用一种或多种编程语言编写。这些计算机程序代码可以提供给通用计算机、专用计算机或其他可编程的数据处理装置的处理器，使得程序代码在被计算机或其他可编程的数据处理装置执行的时候，引起在流程图和/或框图中规定的功能/操作被实施。程序代码可以完全在计算机上、部分在计算机上、作为独立的软件包、部分在计算机上且部分在远程计算机上或完全在远程计算机或服务器上执行。

在本公开的上下文中，机器可读介质可以是包含或存储用于或有关于指令执行系统、装置或设备的程序的任何有形介质。机器可读介质可以是机器可读信号介质或机器可读存储介质。机器可读介质可以包括但不限于电子的、磁的、光学的、电磁的、红外的或半导体系统、装置或设备，或其任意合适的组合。机器可读存储介质的更详细示例包括带有一根或多根导线的电气连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机存储存取器（RAM）、只读存储器（ROM）、可擦除可编程只读存储器（EPROM 或闪存）、光存储设备、磁存储设备，或其任意合适的组合。

另外，尽管操作以特定顺序被描绘，但这并不应该理解为要求此类操作以示出的特定顺序或以相继顺序完成，或者执行所有图示的操作以获取期望结果。在某些情况下，多任务或并行处理会是有益的。同样地，尽管上述讨论包含了某些特定的实施细节，但这并不应解释为限制任何发明或权利要求的范围，而应解释为对可以针对特定发明的特定实施例的描述。本说明书中在分开的实施例的上下文中描述的某些特征也可以整合实施在单个实施例中。反之，在单个实施例的上下文中描述的各种特征也可以分离地在多个实施例或在任意合适的子组合中实施。

尽管已经以特定于结构特征和/或方法动作的语言描述了主题，但是应当理解，所附权利要求中限定的主题并不限于上文描述的特定特征或动作。相反，上文描述的特定特征和动作是作为实现权利要求的示例形式而被公开的。

权 利 要 求 书

1. 一种用于发送数据的方法，包括：
在光线路终端处，对在多个波长通道上待发送的数据进行编码；
5 将经编码的所述数据提供给相应的激光器作为调制输入，以使所述激光器产生表示所述数据的光信号；
对所述光信号进行复用；以及
对经复用的光信号进行均衡以便通过光传输链路传输。
2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中对所述数据进行编码包括：
10 通过对所述数据的低通滤波来对所述数据进行双二进制编码。
3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述激光器为窄带激光器。
4. 根据权利要求 3 所述的方法，其中所述激光器的偏置电流被选择为所述激光器的阈值电流的 3 倍至 5 倍，并且所述激光器的调制电流被选择为略高于所述阈值电流。
- 15 5. 根据权利要求 1 所述的方法，其中对所述光信号进行复用包括：
对所述光信号进行循环阵列波导光栅复用；以及
对经循环阵列波导光栅复用的光信号进行波分复用。
6. 根据权利要求 5 所述的方法，其中对经循环阵列波导光栅复用的
20 的光信号进行波分复用包括：
放大所述经循环阵列波导光栅复用的光信号；以及
对经放大的光信号进行波分复用。
7. 一种用于接收数据的方法，包括：
在光网络单元处，对从光传输链路接收的光信号进行解复用；
25 从经解复用的光信号中选择与特定波长通道对应的光信号；
将选择的光信号转换成电信号；以及
对所述电信号进行解码以确定所述数据。
8. 根据权利要求 7 所述的方法，其中对所述电信号进行解码包
括：

对所述电信号进行低通滤波；以及

对经低通滤波的电信号进行解码。

9. 一种用于发送数据的方法，包括：

在光网络单元处，对待发送的数据进行编码；

5 将经编码的所述数据提供给激光器作为调制输入，以使所述激光器产生表示所述数据的光信号；以及

对所述光信号进行复用以便通过光传输链路传输。

10. 根据权利要求 9 所述的方法，其中对所述数据进行编码包括：
通过对所述数据的低通滤波来对所述数据进行双二进制编码。

10 11. 根据权利要求 9 所述的方法，其中所述激光器为窄带激光器。

12. 根据权利要求 11 所述的方法，其中所述激光器的偏置电流被选择为所述激光器的阈值电流的 3 倍至 5 倍，并且所述激光器的调制电流被选择为略高于所述阈值电流。

13. 一种用于接收数据的方法，包括：

15 在光线路终端处，对从光传输链路接收的光信号进行均衡；

对经均衡的光信号进行解复用；

将经解复用的光信号转换成电信号；以及

对所述电信号进行解码以确定所述数据。

14. 根据权利要求 13 所述的方法，其中对所述电信号进行解码包
20 括：

对所述电信号进行低通滤波；以及

对经低通滤波的电信号进行解码。

15. 一种在光线路终端处实施的用于发送数据的设备，包括：

25 编码器，被配置用于对在多个波长通道上待发送的数据进行编
码；

信号产生器，被配置用于将经编码的所述数据提供给相应的激光器作为调制输入，以使所述激光器产生表示所述数据的光信号；

复用器，被配置用于对所述光信号进行复用；以及

均衡器，被配置用于对经复用的光信号进行均衡以便通过光传输

链路传输。

16. 根据权利要求 15 所述的设备,其中所述编码器被配置用于通过对所述数据的低通滤波来对所述数据进行双二进制编码。

17. 根据权利要求 15 所述的设备,其中所述激光器为窄带激光器。

18. 根据权利要求 17 所述的设备,其中所述激光器的偏置电流被选择为所述激光器的阈值电流的 3 倍至 5 倍,并且所述激光器的调制电流被选择为略高于所述阈值电流。

19. 根据权利要求 15 所述的设备,其中所述复用器包括:

10 第一复用器,被配置用于对所述光信号进行循环阵列波导光栅复用;以及

第二复用器,被配置用于对经循环阵列波导光栅复用的光信号进行波分复用。

20. 根据权利要求 19 所述的设备,还包括:放大器,被配置用于放大所述经循环阵列波导光栅复用的光信号,并且

其中所述第二波分复用器被配置用于对经放大的光信号进行波分复用。

21. 一种在光网络单元处实施的用于接收数据的设备,包括:

20 解复用器,被配置用于对从光传输链路接收的光信号进行解复用;

选择器,被配置用于从经解复用的光信号中选择与特定波长通道对应的光信号;

光电转换器,被配置用于将选择的光信号转换成电信号;以及
解码器,被配置用于对所述电信号进行解码以确定所述数据。

25 22. 根据权利要求 21 所述的设备,还包括:滤波器,被配置用于对所述电信号进行低通滤波,并且

其中所述解码器被配置用于对经低通滤波的电信号进行解码以确定所述数据。

23. 一种在光网络单元处实施的用于发送数据的设备,包括:

编码器，被配置用于对待发送的数据进行编码；

信号产生器，被配置用于将经编码的所述数据提供给激光器作为调制输入，以使所述激光器产生表示所述数据的光信号；以及

5 复用器，被配置用于对所述光信号进行复用以便通过光传输链路传输。

24. 根据权利要求 23 所述的设备，其中所述编码器被配置用于通过对所述数据的低通滤波来对所述数据进行双二进制编码。

25. 根据权利要求 23 所述的设备，其中所述激光器为窄带激光器。

10 26. 根据权利要求 25 所述的设备，其中所述激光器的偏置电流被选择为所述激光器的阈值电流的 3 倍至 5 倍，并且所述激光器的调制电流被选择为略高于所述阈值电流。

27. 一种在光线路终端处实施的用于接收数据的设备，包括：

均衡器，被配置用于对从光传输链路接收的光信号进行均衡；

15 解复用器，被配置用于对经均衡的光信号进行解复用；

光电转换器，被配置用于将经解复用的光信号转换成电信号；以

及

解码器，被配置用于对所述电信号进行解码以确定所述数据。

28. 根据权利要求 27 所述的设备，还包括：滤波器，被配置用于
20 对所述电信号进行低通滤波，并且

其中所述解码器被配置用于对经低通滤波的电信号进行解码。

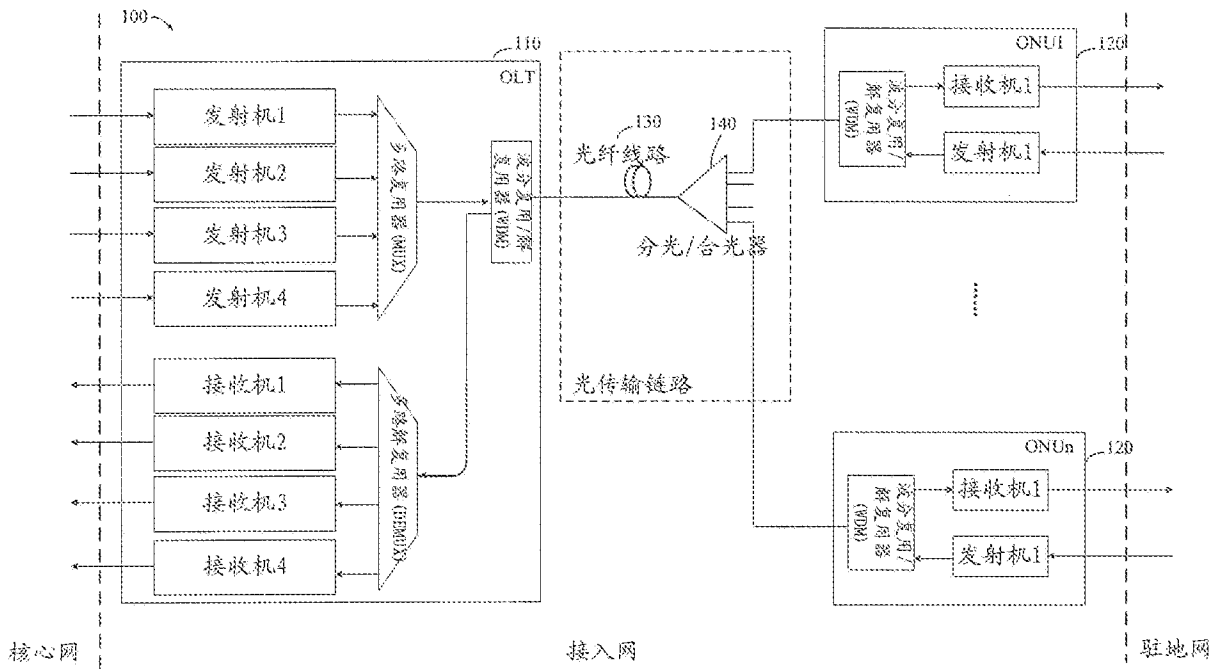


图 1

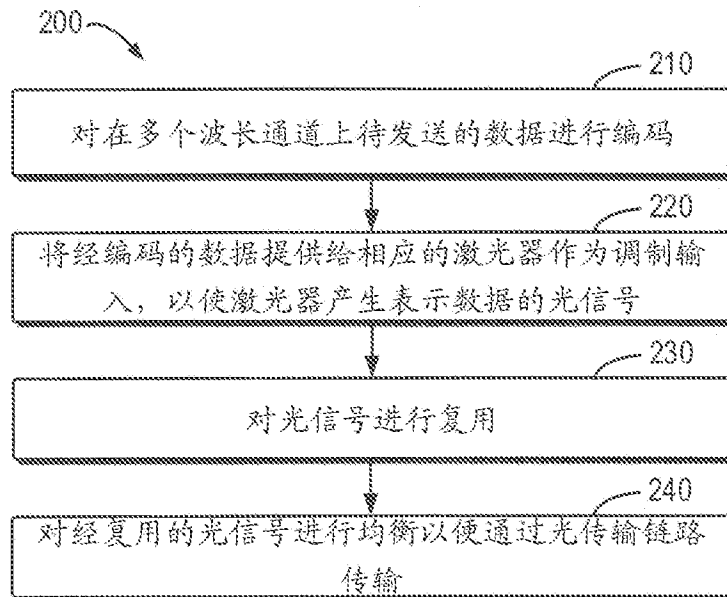


图 2

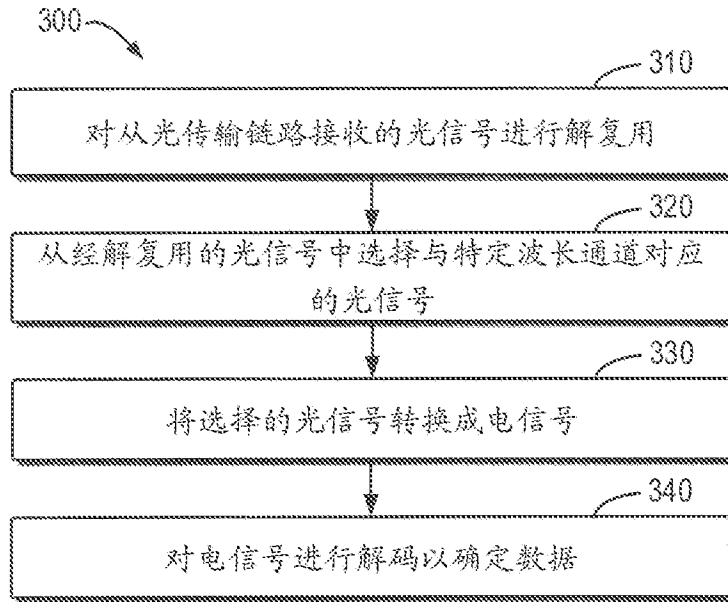


图 3

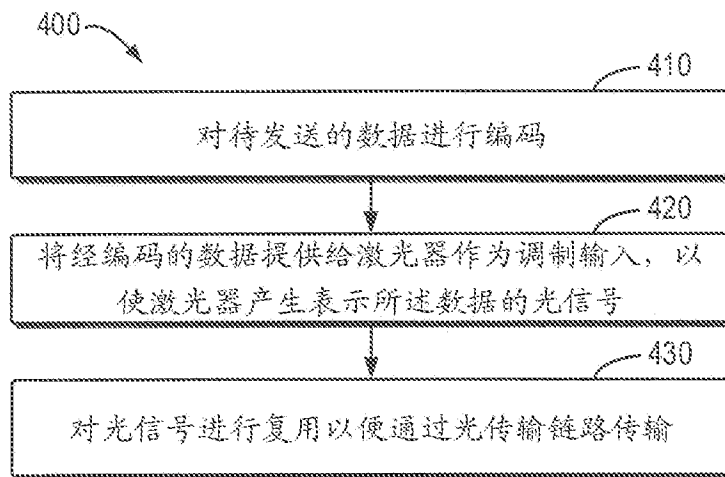


图 4

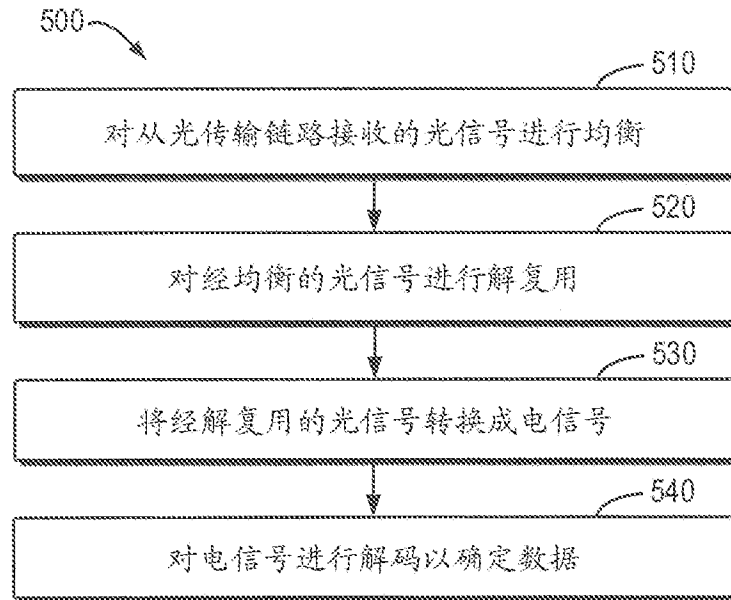


图 5

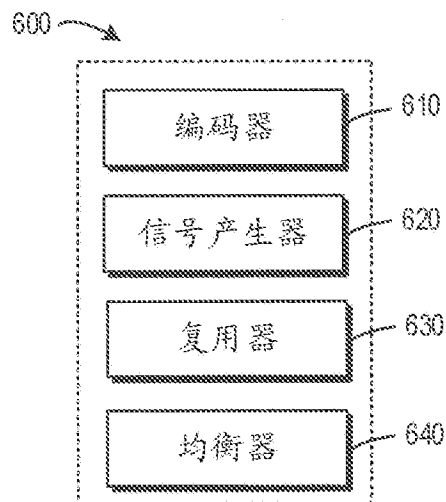


图 6

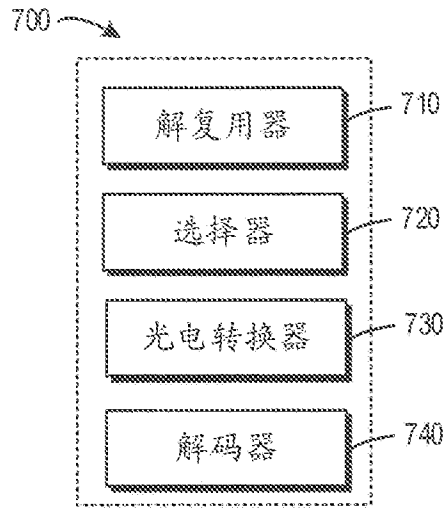


图 7

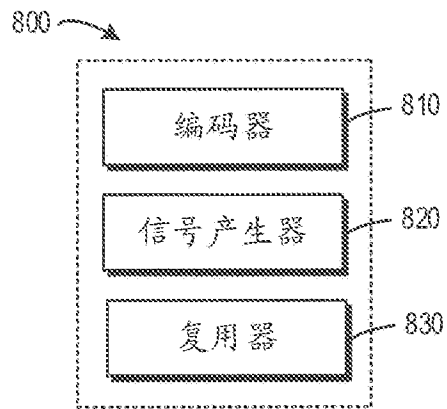


图 8

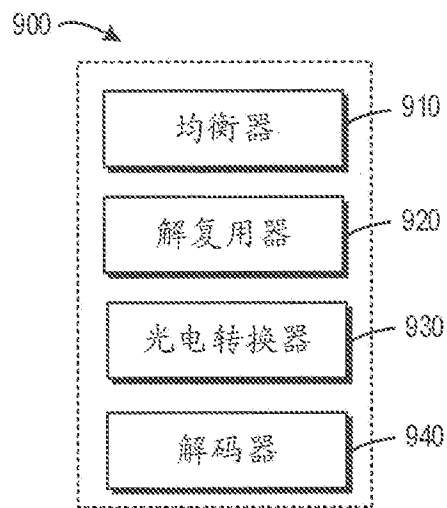


图 9

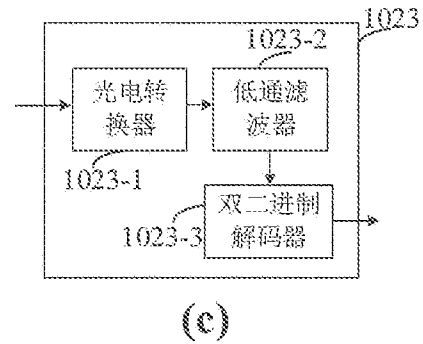
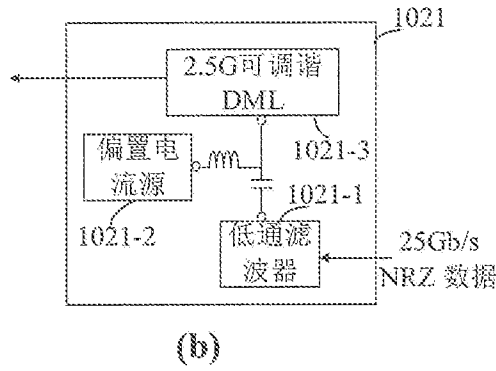
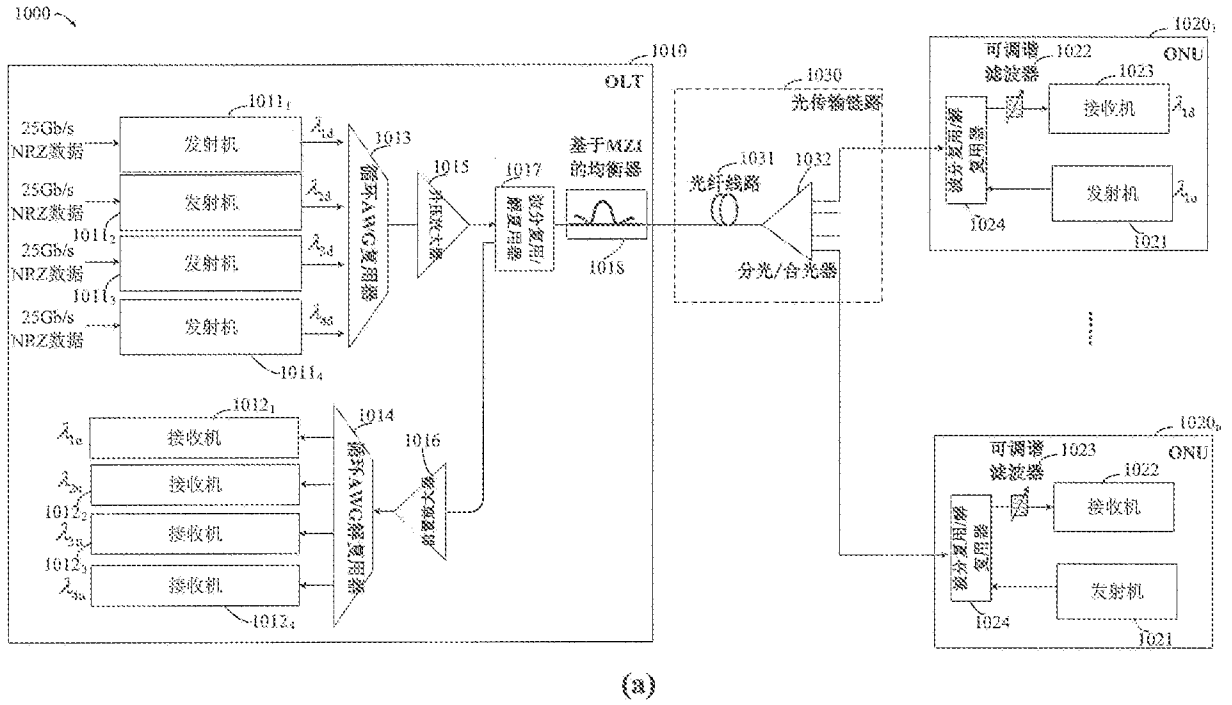


图 10

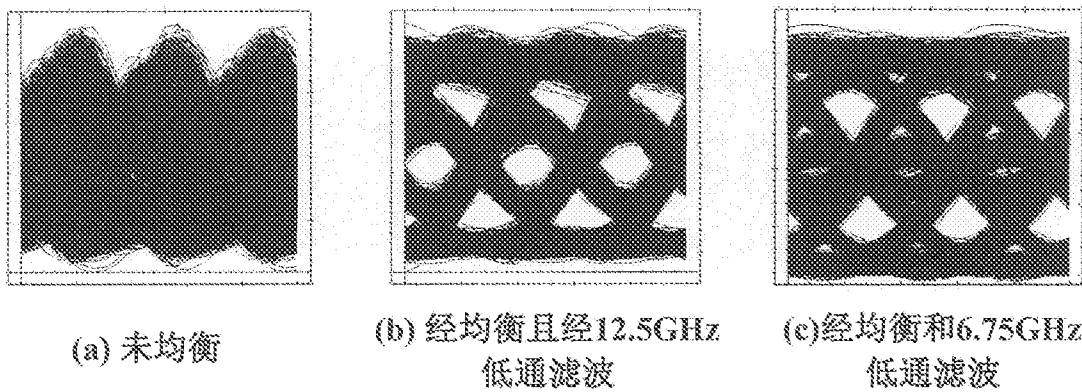


图 14

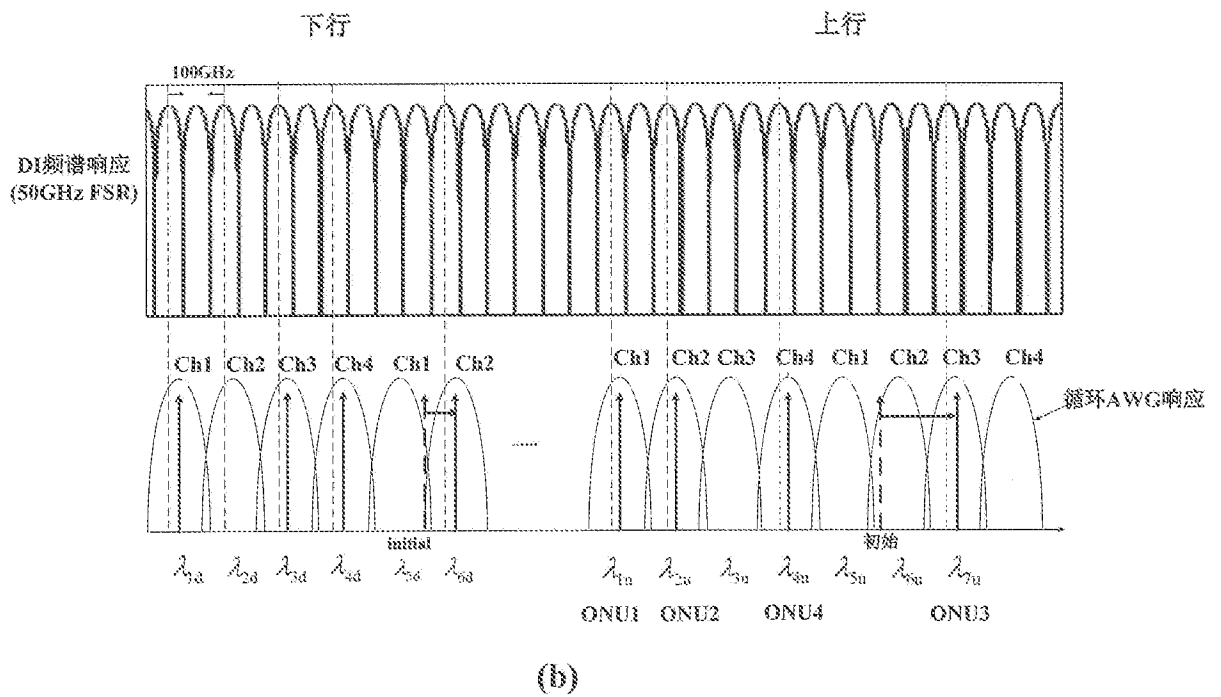
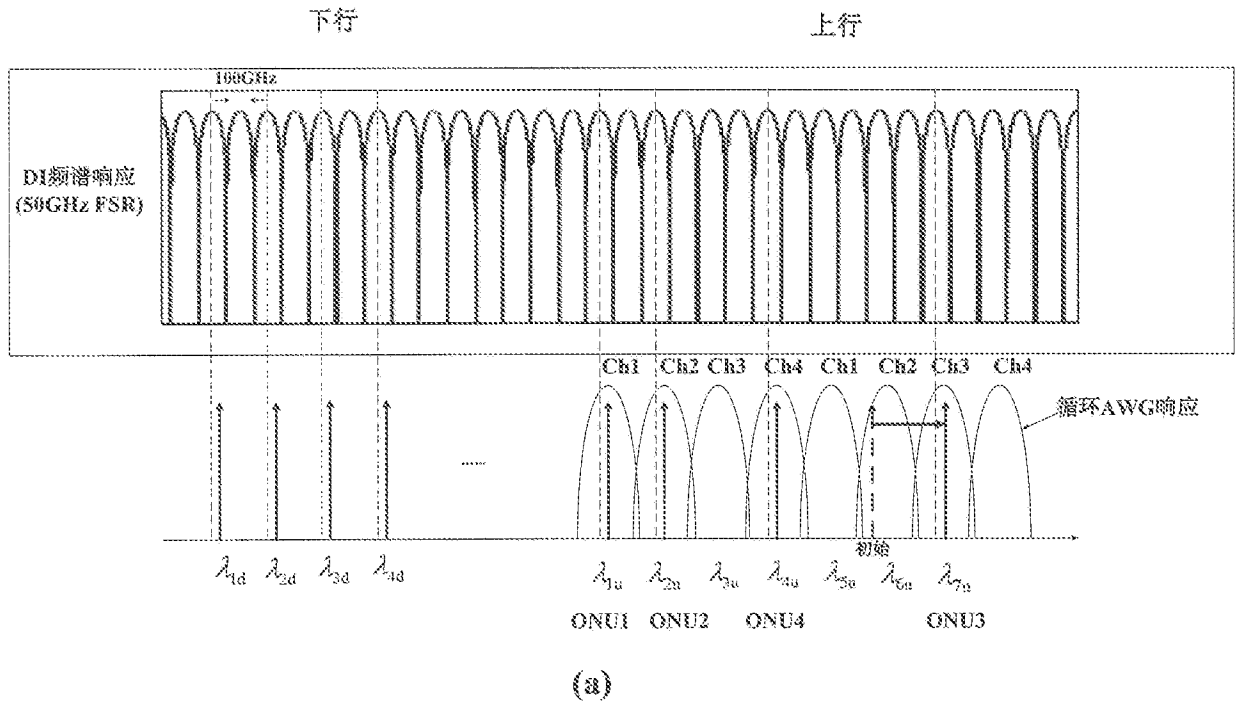


图 11

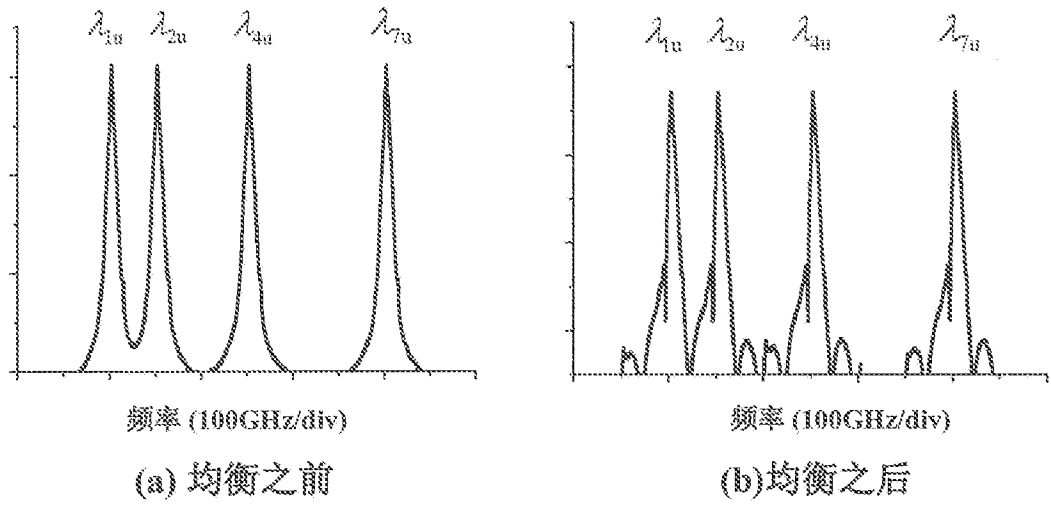
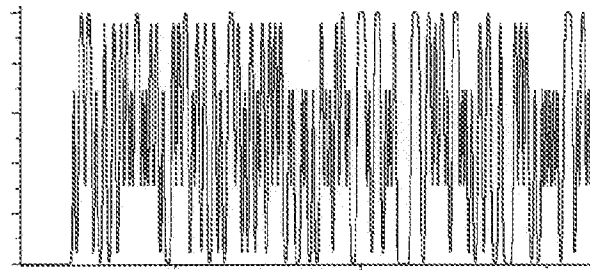
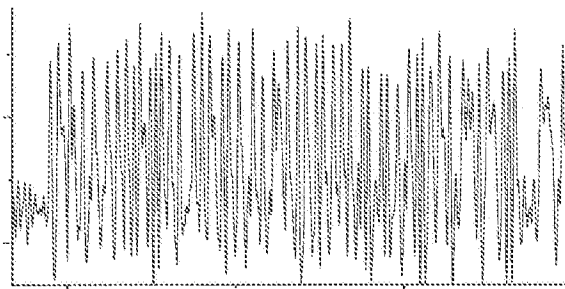


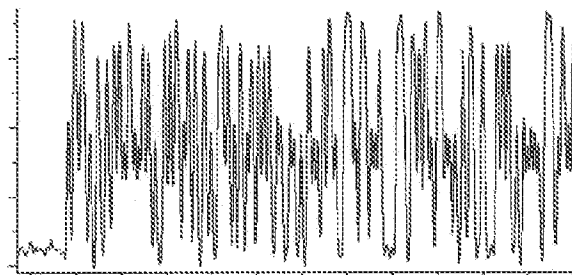
图 12



(a) 原始数据波形



(b) 在20km单模光纤之后的波形



(c) 在均衡之后所恢复的波形

图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/076493

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J 14/02 (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)

H04J; H04B

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)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI, IEEE: PON, OLT, ONU, wavelength division multiplexing, WDM, equaliz+, direct modulation, directly modulated laser, DML, encode, duo-binary, PAM-4

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LI, Z.X. et al., "28 Gb/s Duobinary Signal Transmission over 40km Based on 10 GHz DML and PIN for 100 Gb/s PON", 2015 OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, vol. 23, no. 16, 10 August 2015 (10.08.2015), the main body, chapters 2-4, and figures 2-3	1-28
X	CN 105743601 A (FIBERHOME TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES CO., LTD.), 06 July 2016 (06.07.2016), description, paragraphs 52-75, and figure 1	1-28
X	CN 105721098 A (FIBERHOME TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES CO., LTD.), 29 June 2016 (29.06.2016), description, paragraphs 44-67	1-28
X	CN 105743600 A (FIBERHOME TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES CO., LTD.), 06 July 2016 (06.07.2016), description, paragraphs 39-62, and figure 1	1-28
X	WO 2016044822 A1 (NEOPHOTONICS CORPORATION), 24 March 2016 (24.03.2016), description, paragraphs 20-55, and figures 1-2	1-28
A	CN 105450325 A (ALCATEL-LUCENT SHANGHAI BELL CO., LTD.), 30 March 2016 (30.03.2016), the whole document	1-28

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

<p>Date of the actual completion of the international search</p> <p style="text-align: center;">12 May 2017 (12.05.2017)</p>	<p>Date of mailing of the international search report</p> <p style="text-align: center;">31 May 2017 (31.05.2017)</p>
<p>Name and mailing address of the ISA/CN:</p> <p>State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451</p>	<p>Authorized officer</p> <p style="text-align: center;">WANG, Zongwen</p> <p>Telephone No.: (86-10) 62413344</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/076493

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105743601 A	06 July 2016	None	
CN 105721098 A	29 June 2016	None	
CN 105743600 A	06 July 2016	None	
WO 2016044822 A1	24 March 2016	US 2016087747 A1	24 March 2016
CN 105450325 A	30 March 2016	None	

<p>A. 主题的分类</p> <p>H04J 14/02 (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)</p> <p>H04J; H04B</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))</p> <p>WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI, IEEE:PON, OLT, ONU, 波分复用, WDM, 均衡, equaliz+, 直调, 直接调制, directly modulated laser, DML, 编码, duo-binary, PAM-4</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>LI, Zhengxuan等. "28 Gb/s duobinary signal transmission over 40km based on 10 GHz DML and PIN for 100 Gb/s PON" 2015 Optical Society of America, 第23卷, 第16期, 2015年 8月 10日 (2015 - 08 - 10), 正文2-4部分, 图2-3</td> <td>1-28</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 105743601 A (烽火通信科技股份有限公司) 2016年 7月 6日 (2016 - 07 - 06) 说明书第52-75段, 图1</td> <td>1-28</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 105721098 A (烽火通信科技股份有限公司) 2016年 6月 29日 (2016 - 06 - 29) 说明书第44-67段</td> <td>1-28</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 105743600 A (烽火通信科技股份有限公司) 2016年 7月 6日 (2016 - 07 - 06) 说明书第39-62段, 图1</td> <td>1-28</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>WO 2016044822 A1 (NEOPHOTONICS CORPORATION) 2016年 3月 24日 (2016 - 03 - 24) 说明书20-55段, 图1-2</td> <td>1-28</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105450325 A (上海贝尔股份有限公司) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 全文</td> <td>1-28</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	LI, Zhengxuan等. "28 Gb/s duobinary signal transmission over 40km based on 10 GHz DML and PIN for 100 Gb/s PON" 2015 Optical Society of America, 第23卷, 第16期, 2015年 8月 10日 (2015 - 08 - 10), 正文2-4部分, 图2-3	1-28	X	CN 105743601 A (烽火通信科技股份有限公司) 2016年 7月 6日 (2016 - 07 - 06) 说明书第52-75段, 图1	1-28	X	CN 105721098 A (烽火通信科技股份有限公司) 2016年 6月 29日 (2016 - 06 - 29) 说明书第44-67段	1-28	X	CN 105743600 A (烽火通信科技股份有限公司) 2016年 7月 6日 (2016 - 07 - 06) 说明书第39-62段, 图1	1-28	X	WO 2016044822 A1 (NEOPHOTONICS CORPORATION) 2016年 3月 24日 (2016 - 03 - 24) 说明书20-55段, 图1-2	1-28	A	CN 105450325 A (上海贝尔股份有限公司) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 全文	1-28
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	LI, Zhengxuan等. "28 Gb/s duobinary signal transmission over 40km based on 10 GHz DML and PIN for 100 Gb/s PON" 2015 Optical Society of America, 第23卷, 第16期, 2015年 8月 10日 (2015 - 08 - 10), 正文2-4部分, 图2-3	1-28																					
X	CN 105743601 A (烽火通信科技股份有限公司) 2016年 7月 6日 (2016 - 07 - 06) 说明书第52-75段, 图1	1-28																					
X	CN 105721098 A (烽火通信科技股份有限公司) 2016年 6月 29日 (2016 - 06 - 29) 说明书第44-67段	1-28																					
X	CN 105743600 A (烽火通信科技股份有限公司) 2016年 7月 6日 (2016 - 07 - 06) 说明书第39-62段, 图1	1-28																					
X	WO 2016044822 A1 (NEOPHOTONICS CORPORATION) 2016年 3月 24日 (2016 - 03 - 24) 说明书20-55段, 图1-2	1-28																					
A	CN 105450325 A (上海贝尔股份有限公司) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 全文	1-28																					
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																							
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>"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)</p> <p>"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" 同族专利的文件</p>																							
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2017年 5月 12日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2017年 5月 31日</p>																					
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10) 62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>王宗文</p> <p>电话号码 (86-10) 62413344</p>																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/076493

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	105743601	A	2016年 7月 6日	无			
CN	105721098	A	2016年 6月 29日	无			
CN	105743600	A	2016年 7月 6日	无			
WO	2016044822	A1	2016年 3月 24日	US	2016087747	A1	2016年 3月 24日
CN	105450325	A	2016年 3月 30日	无			