



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103370888 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 23

(21) 申请号 201180067424. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 11. 30

H04B 10/02 (2006. 01)

(30) 优先权数据

H04B 10/12 (2006. 01)

12/966, 795 2010. 12. 13 US

H04J 14/02 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 08. 13

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/062589 2011. 11. 30

(87) PCT申请的公布数据

W02012/082375 EN 2012. 06. 21

(71) 申请人 尼奥弗托尼克斯公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 D·皮勒 A·J·蒂克纳

(74) 专利代理机构 北京戈程知识产权代理有限

公司 11314

代理人 程伟 王锦阳

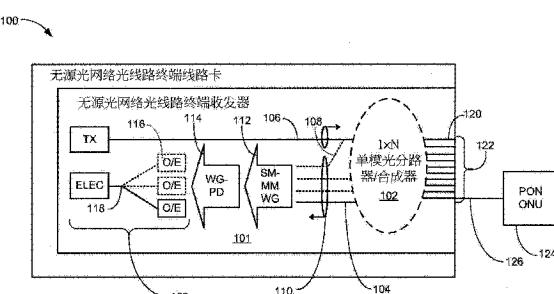
权利要求书1页 说明书22页 附图11页

(54) 发明名称

具有光线路终端收发器的光网络通信系统及其操作方法

(57) 摘要

一种操作光网络通信系统的方法，其包括：设置平面光波电路，其包括：将 2×2 单模光学耦合器在数组中连接以用于形成 $1\times N$ 单模光分路器/合成器，以及将捕光埠路由到光线路终端接收器以用于从该捕光埠中的两个或更多个收集该光线路终端接收器中的捕获光，其中，该捕光埠中的一个或更多个是从该 2×2 单模光学耦合器来的；以第一波长通过该平面光波电路而发射到光网络单元；以及以第二波长并通过该捕获光而从光网络单元转译回应。



1. 一种操作光网络通信系统的方法,其包括:

设置平面光波电路,其包括:

将 2×2 单模光学耦合器在数组中连接以用于形成 $1\times N$ 单模光分路器/合成器;以及将捕光埠路由到光线路终端接收器以用于从在该捕光埠中的两个或更多个收集该光线路终端接收器中的捕获光,其中,该捕光埠中的一个或更多个是从该 2×2 单模光学耦合器来的;

以第一波长通过该平面光波电路而发射到光网络单元;以及

以第二波长并通过该捕获光而从该光网络单元转译回应。

2. 如权利要求1所述的方法,还包括通过在该光网络单元与该平面光波电路之间的单模光纤通信。

3. 如权利要求1所述的方法,还包括通过在该捕光埠与用于收集该捕获光的该光线路终端接收器之间的多模光波导通信。

4. 如权利要求1所述的方法,还包括在该光线路终端接收器与该捕光埠之间设置光耦合器。

5. 如权利要求1所述的方法,还包括设置小封装热插拔模块以用于与该平面光波电路通信。

6. 一种光网络通信系统,其包括:

平面光波电路,其包括:

2×2 单模光学耦合器,耦合在数组中以形成 $1\times N$ 单模光分路器/合成器;以及

捕光埠,路由到光线路终端接收器以用于从在该捕光埠中的两个或更多个收集该光线路终端接收器中的捕获光,其中,该捕光埠中的一个或更多个是从该 2×2 单模光学耦合器来的;

光线路终端发射器,用以发射第一波长光并通过该平面光波电路以到达光网络单元;以及

第二波长光,是从光网络单元来的并通过该捕获光被接收。

7. 如权利要求6所述的系统,还包括在该光网络单元与该平面光波电路之间的单模光纤。

8. 如权利要求6所述的系统,还包括在该捕光埠与用于收集该捕获光的该光线路终端接收器之间的多模光波导。

9. 如权利要求6所述的系统,还包括在该光线路终端接收器与该捕光埠之间的光耦合器。

10. 如权利要求6所述的系统,还包括与该平面光波电路耦合的小封装热插拔模块。

具有光线路终端收发器的光网络通信系统及其操作方法

技术领域

[0001] 本发明是普遍与光网络通信系统相关,以及更尤其地与用于提供无源光网络的系统相关。

背景技术

[0002] 一点到多点的光网络的范例可为无源光网络。无源光网络是由著名的组织所定义的标准,而用于一般应用。网络是在一个单点终止,而该单点通常位于一个电信提供商的中心局端(CO)、光线路终端(OLT)及在多个次用户点(通常在用户住宅并借由光网络单元(ONU))。

[0003] OLT 及 ONU 包括有单一个光纤接口,该接口在不同波长发射和接收光信号。OLT 在 λ_{down} 的波长发射信号及从 ONU 接收 λ_{up} 波长的信号。下行信号广播到达在网络上的所有 ONU,同时从每个次用户 ONU 来的上行信号依据时分多址(TDMA)协议而在唯一的时隙(slot)分配。

[0004] 为了支持高数据率及长距离,在 OLT 和 ONU 之间的无源光网络(PON)使用单模光纤。在任何 PON 的一个关键组件为单模光分路器。 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器的功能为分路及将下行光信号的相同复制本导引到各 N 个 ONU- 面向埠中的每一个。

[0005] 相同的分路器将 N 个上行信号结合到单一且面向 OLT 的单模光学端口。能量守恒定律要求在每个输出端口的下行信号将由与输入信号相关的至少为 $1/N$ 的因子衰减。如果假定在上行的所有信号都是由分路器作同样的处理(就是无极化分路器,或有波长的偏好),则之后进入 N 个 ONU- 面向埠中的任何一个的信号都必须在其到达单一个 OLT- 面向埠的时候至少以因子($1/N$)衰减,因此如热力学第二定律的一个推论(在一个封闭系统的熵不能减少)。

[0006] 对于理想的且具有零超额损失的单模分路器,其射入分路器的总下行光功率是等于从 N 个 ONU- 面向埠射出的总功率。对于相同理想的分路器,流出单一个 OLT- 面向上行埠的总光功率可不再比射入任何集的 N 个埠的总光功率的 $1/N$ 大。非常大的部分,该上行信号的 $(N - 1)/N$ 辐射出分路器的单模波导以作为耗散及不可用的光能量,这将被称为浪费的光。

[0007] 因此,具有光线路终端收发器(针对上行信号路径的衰减作补偿)的用于光网络通信系统的需要是仍然保持着。有鉴于在全球范围内光网络通信工业的成长,对于找出这些问题的答案是越来越重要。有鉴于持续增加的商业竞争压力,随着成长中的消费者期待以及针对市场中有意义的产品差异化而消逝中的机会,找到这些问题的解答有其重要性。另外,降低成本、改善效率与效能、以及适应竞争压力的需要增加了对用于寻找这些问题答案的关键必要性的更大紧迫性。

[0008] 对这些问题的解决方案已经是长期追求的,但之前的发展已经不能教导或作出任何解决方案的建议,因此,熟悉本领域的技术人员已经长期未获得对于这些问题的解决方案。

发明内容

[0009] 本发明提供一种操作光网络通信系统的方法：，其包括：设置平面光波电路，其包括：将 2×2 单模光学耦合器在数组中连接以用于形成 $1\times N$ 单模光分路器/合成器，以及将捕光埠路由到光线路终端接收器以用于从该捕光埠中的两个或更多个收集该光线路终端接收器中的捕获光，其中，该捕光埠中的一个或更多个是从该 2×2 单模光学耦合器来的；以第一波长通过该平面光波电路而发射到光网络单元；以及以第二波长并通过该捕获光而从光网络单元转译回应。

[0010] 本发明提供一种光网络通信系统，其包括：平面光波电路，其包括： 2×2 单模光学耦合器，耦合在数组中以形成 $1\times N$ 单模光分路器/合成器；以及捕光埠，路由到光线路终端接收器以用于从该捕光埠中的两个或更多个收集该光线路终端接收器中的捕获光，其中，该捕光埠中的一个或更多个是从该 2×2 单模光学耦合器来的；光线路终端发射器，用以发射第一波长光并通过该平面光波电路以到达光网络单元；以及第二波长光，是从光网络单元来的并通过该捕获光被接收。

[0011] 在本发明的某些具体实施例中，在上述步骤或组件外还可包括有其它步骤或组件，或者采用其它步骤或组件来替代上述步骤或组件。熟悉本领域的技术人员在参照附图而阅读下列详细说明后将明白该些步骤或组件。

附图说明

[0012] 图1为在本发明具体实施例中具有光线路终端收发器的光网络通信系统的功能方块图；

[0013] 图2(A至H)为具有对输入波长特性化响应的 2×2 单模光学耦合器的功能方块图；

[0014] 图3为图1的 $1\times N$ 单模光分路器/合成器的功能方块图；

[0015] 图4为光线路终端收发器的功能方块图；

[0016] 图5为在本发明的具体实施例中光线路终端收发器的示意图；

[0017] 图6为在本发明的具体实施例中利用平面光波电路的无源光网络光线路终端线路卡的功能方块图；

[0018] 图7为在本发明具体实施例中的 1×32 单模光分路器/合成器的示意图；

[0019] 图8为无源光网络光线路终端线路卡的功能方块图，而该无源光网络光线路终端线路卡是利用本发明的第二具体实施例中的平面光波电路的外部版本；

[0020] 图9为无源光网络光线路终端线路卡的功能方块图，而该无源光网络光线路终端线路卡是利用本发明的第三具体实施例中的平面光波电路的外部版本；

[0021] 图10为无源光网络光线路终端线路卡的功能方块图，而该无源光网络光线路终端线路卡是利用本发明的第四具体实施例中的平面光波电路；

[0022] 图11为无源光网络光线路终端线路卡的功能方块图，而该无源光网络光线路终端线路卡是利用本发明的第五具体实施例中的平面光波电路；

[0023] 图12为在本发明的具体实施例中利用 1×4 单模光分路器/合成器的光线路终端收发器的示意图；

- [0024] 图 13 为在本发明的第六具体实施例中利用 1×8 单模光分路器 / 合成器的光线路终端收发器的示意图；
- [0025] 图 14 为在本发明的第七具体实施例中利用 2×8 单模光分路器 / 合成器的光线路终端收发器的示意图；
- [0026] 图 15 为在本发明第八具体实施例中 32 块 10-Gb/s PON OLT 收发器的功能方块图；
- [0027] 图 16 为在本发明第九具体实施例中 32 端口 10Gb/s PON OLT 到达延伸系统的功能方块图；
- [0028] 图 17 为在本发明第十具体实施例中 32 端口 10Gb/s PON OLT 到达延伸系统的功能方块图；
- [0029] 图 18 为在本发明的第十一具体实施例中混合光纤同轴光网络中继器的功能方块图；
- [0030] 图 19 为利用在本发明的第十二具体实施例中的 $1 \times (N/2)$ 单模光分路器 / 合成器的光线路终端收发器的功能方块图；
- [0031] 图 20 为利用平面光波电路的无源光网络光线路终端线路卡的功能方块图；以及
- [0032] 图 21 为在本发明的进一步具体实施例中的光网络通信系统的操作的流程图。

具体实施方式

[0033] 下面的具体实施例描述了足够的细节，以使熟悉本领域的技术人员能够制作及使用本发明。应当理解的是，其它的实施例将在本发明所公开的基础上变得清楚明白，并且系统、过程、或机械的变化可以在不脱离本发明的范围制作。

[0034] 在下面的描述中，给出了许多具体的细节以提供对本发明透彻的了解。然而，将明显的是，本发明可在不使用这些具体细节下实行。为了避免使本发明不清楚，一些已知的电路、系统配置、及工序步骤都没有详细公开。

[0035] 表示系统具体实施例的图式是属于半图解性质而未按比例绘制，以及尤其是，某些尺寸在附图图式中是以夸大的方式表现。类似地，虽然图式中为了便于描述而通常显示成类似取向 (orientation)，并且图中的描绘大部份是不受限制的。一般而言，本发明可用任何取向予以操作。

[0036] 同样的数字是用于所有的附图中，以与相同的组件相关。具体实施例已标示为第一具体实施例、第二具体实施例等，具体实施例已标示为第一具体实施例、第二具体实施例等，这是为了便于说明，而非意图表示任何其它意义或对本发明作出限制。

[0037] 为了说明的目的，本文术语“水平”所用的定义是一个平行于地球的平面或表面的平面，而不管它的取向 (orientation)。术语“垂直”指的是垂直于刚定义于其上的“水平”的方向。术语如“之上”、“之下”、“底下”、“顶”、“侧”（如“侧壁”），“高”、“低”、“上”、“超过”、及“在其下”，是相对于在如附图所示的水平面的定义。术语“上”意味着组件之间的直接接触。术语“浪费的光”是定义为从现有技术的光分路器中的光纤连接器耗散。为了此应用的目的，捕获光是不在本发明中扩散，而是借由本发明的接收器来用以收集或重新导向。术语“捕光埠”是定义为额外的用于将捕获光收集或重新导向的 2×2 单模光纤耦合器或波分复用器的埠。

[0038] 现在参照图 1, 其中表示出在本发明具体实施例中具有光线路终端收发器 (transceiver) 101 的光网络通信系统 100 的功能方块图。该光网络通信系统 100 的功能方块图描绘了 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102, 其至少包括有两单模光学端口 (如在光线路终端 (Optical Line Terminal) 面向侧上的第一单模光学端口 104 及第二单模光学端口 106)。第二单模光学端口 106 是输入到 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102 并耦接到光线路终端 (未表示) 的光发射机。

[0039] 除了第一单模光学端口 104 外, 至少一额外的埠 108 可引导通过一多端口单模块 110 (如导向在光线路终端中光检测器 116 的一组光纤或光波导并用于将上行 (upstream) 的光捕光)。单模块 110 的额外埠的其中一个可从借由例如为波分复用器 (WDM) 的第二单模光学端口 106 来提取。在第一单模光学端口 104 中及单模块 110 中的上行信号是从将所捕的光 (在从目前技术的光分路器之外所耗散的) 中收集至少部分所提取的, 这样, 现在可在 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102 中将浪费的光捕光。

[0040] 从第一单模光学端口 104 及多端口单模块 110 来的上行信号为向光检测器 116 传送。上行信号可传过多端口单模块 110 或其可具有低的浪费的光而有效地耦合到一个或多个多模光波导 112。多模光波导 112 可将上行信号以对上行信号为低的浪费的光而传送通过光耦合器 114。光耦合器 114 可借由将多模光波导 112 及 / 或多端口单模块 110 的组合而将上行信号提取到一个或多个光检测器 116。

[0041] 从单一的多模光波导 112 来的上行信号是与标记为 “O/E” 的光检测器 116 (包括有主动区域 (可为多个) (未示出), 并实质上比在纳米测量的信号波长的面积大) 耦合。上行信号与光检测器 116 的耦合可借由光学折射 (例如镜片)、反射表面、或衍射光学的仿真近似 (proximity) 来达成。

[0042] 如果有二个或多个光电检测器 116, 则电子总线 118 可借由模拟或数字电路 (未表示) 而将其组合。电子总线 118 可借由处理器 (未表示) 而适于操控。

[0043] 本发明可以这样一种方式实行, 该方式为将上行信号 (如进入光网络单元 (ONU) 面向端口 120 处的光学信号) 通过比满足以下要求的一个个别光学路径更多的光学路径来导向一个或多个光电检测器 116。

[0044] N 个 ONU- 面向光学端口 122 可形成用于光网络单元 (ONU) 124 的出口路径, 并与单模光纤 126 (通过光网络通信系统 100 通信) 耦合。如上所述的相组合的光学, 光电及电子组件必须设计成用于从任何特定的 N 个 ONU- 面向光学端口 122 的其中一个的上行信号而沿多个可能的个别光学路径行进到电子总线 118 的时间必须以具有比信号的电带宽的倒数实质为小的宽限而 “与其它的每一个相等”。

[0045] 或者, 在数学方面, 总体设计必须满足以下方程式 :

$$|T_1 - T_2| << 1/B_e \quad \text{方程式 1}$$

[0047] 对起源于任何特定的 N 个 ONU- 面向光学端口 122 的其中一个端口的所有信号路径来说。

[0048] 其中 :

[0049] $T_1 =$ 从 N 个 ONU- 面向光学端口 122 的任何一个经由通过多端口单模块 110 的个别路径而行进到电子总线 118 的时间。

[0050] $T_2 =$ 从相同的 N 个 ONU- 面向光学端口 122 经由通过多端口单模块 110 的不同个别

路径而行进到电子总线 118 的时间。

[0051] Be= 电子信号带宽。

[0052] 本发明未在其组成零件的实体分布上作出限制,只要保存设计规则皆可。因此,某些具体实施例是将组成零件实体上分开及 / 或位于个别模块。在下面说明的范例中,无源光学功能可分离到分开的模块。

[0053] 已经发现的是,借由将捕获光从 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102 收集,将电子总线 118 转译的光线路终端接收器 128 的简化是可得到的。该简化可转换为成本上的减少及借由在比特错误率上的降低所反映的数据可靠性的增加。

[0054] 现在参照图 2 (A 至 H),其中表示具有对输入波长特性化响应的 2×2 单模光学耦合器 202 的功能方块图。在 2×2 单模光学耦合器 202 的功能方块图描绘了每一个 2×2 单模光学耦合器 202 包括 A 埠 204、B 埠 206、C 埠 208、及 D 埠 210。应当理解的是, 2×2 单模光学耦合器 202 是将定义如下的一定波长的光(λ)传输的光学耦合器。

[0055] 2×2 单模光学耦合器 202 是作为图 1 的 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102 的关键构建模块。 2×2 单模光学耦合器 202 可由融合的光纤、平面光波电路、或分布式光学技术制作。

[0056] 为了将 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102 成功实施, 2×2 单模光学耦合器 202 应作用为在无源光网络(PON)的 λ_{down} 波长的光线路终端发射器(transmitter)的同侧型 Y 型汇流器。因为在优选的具体实施例中,最终到达 OLT 接收器而不管任何特定分光比的大多数或所有的路径,在 λ_{up} 波长的 PON OLT(光线路终端)接收器,对耦合比的规格是轻松得多。这是与现有的技术(未将在此应用中定义的捕获光收集)背离。

[0057] 它是熟悉本领域的技术人员所已知的,在 2×2 单模光学耦合器 202 的宽带特征的基础上设计及制造平面光波电路是比在波长的狭窄范围中设计将功率平均分离耦合器更具有挑战性。在这种应用中,下行性能是比上行性能更为关键。

[0058] 在应用中的 2×2 单模光学耦合器 202 的基本定义说明如下:

[0059] 如图 2A 所示,进入 2×2 单模光学耦合器 202 的 A 埠 204 的所传输的光功率 $P_{\lambda(Tx)}$ 是受到均分并都在 C 埠 208 与 D 埠 210 上再生(replicate)。目的地埠的每一个将以 $1/2P_{\lambda(Tx)}$ 来传播光。

[0060] 如图 2B 所示,进入 2×2 单模光学耦合器 202 的 B 埠 206 的所传输的光功率 $P_{\lambda(Tx)}$ 是受到均分并都在 C 埠 208 与 D 埠 210 上再生。目的地埠的每一个将以 $1/2P_{\lambda(Tx)}$ 来传播光。

[0061] 如图 2C 所示,进入 2×2 单模光学耦合器 202 的 C 埠 208 的所传输的光功率 $P_{\lambda(Tx)}$ 是受到均分并都在 A 埠 204 与 B 埠 206 上再生。目的地埠的每一个将以 $1/2P_{\lambda(Tx)}$ 来传播光。

[0062] 如图 2D 所示,进入 2×2 单模光学耦合器 202 的 D 埠 210 的所传输的光功率 $P_{\lambda(Tx)}$ 是受到均分并都在 A 埠 204 与 B 埠 206 上再生。目的地埠的每一个将以 $1/2P_{\lambda(Tx)}$ 来传播光。

[0063] 如图 2E 所示,进入 2×2 单模光学耦合器 202 的 A 埠 204 所接收到的光功率 $P_{\lambda(Rx)}$ 是可在 C 埠 208 与 D 埠 210 之间任意划分的。每一个目的地埠将以 P1 及 P2 来传播光的带来部分(complimentary portion)。其中

[0064] $P_1+P_2=P_{\lambda(Rx)}$ 方程式 2

[0065] 方程式 2 具有以下条件

[0066] $P_1 \geq 0.05P_{\lambda(Rx)}$ 方程式 3

[0067] 及

[0068] $P_2 \geq 0.05P_{\lambda(Rx)}$ 方程式 4

[0069] 如图 2F 所示,进入 2×2 单模光学耦合器 202 的 B 埠 206 所接收到的光功率 $P_{\lambda(Rx)}$ 是可在 C 埠 208 与 D 埠 210 之间任意划分的。每一个目的地埠将如以上所定义地以 P1 及 P2 来传播光的带来部分。

[0070] 如图 2G 所示,进入 2×2 单模光学耦合器 202 的 C 埠 208 所接收到的光功率 $P_{\lambda(Rx)}$ 是可在 A 埠 204 与 B 埠 206 之间任意划分的。每一个目的地埠将如以上所定义地以 P1 及 P2 来传播光的带来部分。

[0071] 如图 2H 所示,进入 2×2 单模光学耦合器 202 的 D 埠 210 所接收到的光功率 $P_{\lambda(Rx)}$ 是可在 A 埠 204 与 B 埠 206 之间任意划分的。每一个目的地埠将如以上所定义地以 P1 及 P2 来传播光的带来部分。

[0072] 现在参照图 3 所示,此图表示图 1 的 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102 的功能方块图。 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102 的功能方块图描绘 2×2 单模光学耦合器 202 的数组 302。主要输入是可与 OLT 发射器 (transmitter) (未示出) 耦合的 OLT 面向埠 304。

[0073] 在现有技术中,理想的 $1 \times N$ 单模光分路器可由 Y 型汇流器制成及在下行方向有完美地功效。然而在上行方向,在每一个 Y 型汇流器处,仅有二分之一的从每一个脚部 (leg) 来的功率将耦合进入单一个上行波导 (未示出) 中,而多余的功率将成为浪费的光而从波导辐射出来。

[0074] 在本发明中的每一个 Y 型汇流器是由 2×2 单模光学耦合器 202 的宽带版本来取代。发射进入两面向下行的脚部的总上行功率可保存在两上行的脚部而不从波导将功率的任何部分辐射出来。仅两面向 OLT 的脚部 (OLT-facing legs) 中的一个是用作如图 3 所示的 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102 的型式。

[0075] 一个理想的 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102 可为 2×2 单模光学耦合器 202 的 ($N-1$) 型式。在本范例中,具有 $N=8$ 的 1×8 的 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 300 可借由将 7 个 2×2 单模光学耦合器 202 耦合来形成。可理解的是,用于 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102 的所选数量 8 是仅作为范例而非用作限制的方式。也可理解的是,本发明可使用任何数量的 2×2 单模光纤耦合器 202 来实施。

[0076] 发射进入 ONU- 面向光学端口 122 的任何子集的总功率是描述为 P,而从 OLT 面向埠 304 来的功率将描述为 P/N ,又从捕光埠 306 (标示成 A、B、C 等) 来的光功率总和将总共为 $P(N-1)/N$ 。也要注意到, $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102 可为 2×2 单模光学耦合器 202 的 ($N-1$) 型式,其中的每一个具有不保证 (uncommitted) 的一埠并可变更成捕光埠 306。在上述范例中,N 选为 8,该选择使 2×2 单模光学耦合器 202 以 ($N-1$) 或 7 来实行 1×8 单模光分路器 / 合成器 300。

[0077] 现在参照图 4,其中表示在本发明的具体实施例中的光线路终端收发器 400 的功能方块图。该光线路终端收发器 400 的功能方块图描绘出图 1 的 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102 (系耦合以形成先前范例的 1×8 单模光分路器 / 合成器 300)。

[0078] ONU- 面向光学端口 122 的数组可与图 1 的光网络单元 (ONU) 124 (可由图 1 的单模光纤 126) 耦合, 并安置于与光线路终端收发器 400 相离甚远的距离处。ONU- 面向光学端口 122 的数组是为了描述的简化而表示成为未连接的, 并且可理解的是, 将表现出图 1 的单模光纤 126 及光网络单元的操作环境。

[0079] 本发明利用从 2×2 单模光学耦合器 202 的捕光埠 306 (A 到 G) 来的光功率来使 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102 是在用于光通信系统的可用格式中。

[0080] 一种波分复用器 404 (如三埠波分复用器) 的理想模式是附属于 1×8 单模光分路器 / 合成器 300 的 OLT 面向埠 304。波分复用器 404 的捕光埠 306 是将上行波长 ($\lambda_{(Rx)}$) (定义成 A) 转向因此从光线路终端面向埠 418 经由波分复用器 404 到第一耦合器的路径是完全在下行波长 ($\lambda_{(Tx)}$) (如从光线路终端发射器来的来源) 中传送。

[0081] 上行功率 $P_{\lambda_{(Rx)}}$ 的完全恢复是借由将从 2×2 单模光学耦合器 202 来的 (A 到 G) 及从波分复用器 404 来的 (A') 的捕光埠 306 耦合, 以通过光 / 电转换器 412 到光线路终端接收器 128 将从捕光埠 306 来的捕获光收集。从 2×2 单模光学耦合器 202 的捕光埠 306 来的收集到的捕获光, 在现有技术的系统通常会允许将该捕获光在分路器中耗散成浪费的光而不使用。

[0082] 借由在光线路终端接收器 128 中收集捕获光, 本发明可将接收过程 (process) 简化并将送到 2×2 单模光学耦合器 202 的所有功率收集。在这种情况下, 如果发射到 N 个埠的任何子集的总功率为 P, 则从光线路终端面向埠 418 来的功率将为零, 并且从捕光端 306 (标记为 A、B、C...G 及 A) 来的光功率总合将总共为 P。

[0083] 已经发现的是, 本发明借由提供初始发射的 $P_{\lambda_{(Rx)}}$ 的完整数量而可将光线路终端接收器电子设备 (electronics) 414 的设计要求简化。在光线路终端接收器电子设备 414 中的简化可将光线路终端接收器电子设备 414 的成本减少并同时借由将接收器数据 416 (从图 1 的 ONU124 来的发射数据) 的比特错误率降低来增加表现。

[0084] 在无源光网络 (PON) 中, 光线路终端的光线路终端 (OLT) 发射器 410 产生波长为 $\lambda_{(Tx)}$ 的下行光信号。从 PON OLT 发射器 410 来的光信号是通过光线路终端面向埠 418 (如 OLT 面向单模光学端口) 导入。在 PON OLT 处, 包括有设计来接收从 ONUs 来的信号 (波长为 $\lambda_{(Rx)}$) 的光线路终端接收器 128。

[0085] 将从 2×2 单模光学耦合器 202 的图 3 的捕光埠 306 (包括 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102) 来的光与波分复用器 404 的捕光埠 306 来的光耦合到光线路终端接收器 128, 如此在用于光通信系统的可用格式中的上行光信号 (从该些 ONU- 面向光学端口 122 中的其中任何一个来的) 是借由两或多个个别光学路径而直接导入光线路终端接收器 128。

[0086] 为了确保用于光通信的格式可用性, 在至少两捕光端口 306 的光信号 (源于在 2×2 单模光学耦合器 202 的捕光埠 306 及波分复用器 404 的捕光埠 306 处) 是耦合到一个或多个单模或多模光波导或光纤 (用虚线表示) 内及一个或多个光 / 电转换器 412 内, 该光 / 电转换器 412 的光学检测器 (未示出) 的主动区域是显著比在单模光波导中的单模光信号的模场直径大。

[0087] 用于光通信系统的可用格式要求: 用于将通信信号从 ONU- 面向光学端口 122 的任何一个数组通过多个光学路径传播到在接收器内的普通电子汇流器的时间是实质上与在 Δt 的限度相等 (其中 $\Delta t \ll 1/Be$ 及 Be 为调制 (modulating) 光载子的通信信号的电子信

号带宽)。

[0088] 现在参照图 5, 其中表示出在本发明的具体实施例中光线路终端收发器 500 的示意图。该光线路终端收发器 500 的示意图描绘出作为本发明范例的平面光波电路 502, 该平面光波电路 502 包括有具有 2×2 单模光学耦合器 202 的 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器 102(以安排成设置为 1×4 单模光分路器 / 合成器)。

[0089] 可理解的是, 该 1×4 单模光分路器 / 合成器是用以增加在本发明的讨论中的范例, 并且在任何方面都不作为限制本发明的范围的意图。

[0090] 在作为范例的优选具体实施例中, 将本发明集成进平面光波电路 502 的结构。将四端口版本集成在平面光波电路 502 上来利用 2×2 单模光学耦合器 202(设计将从光线路终端发射器来的及波长为 $\lambda_{(Tx)}$ 的功率均匀分路)。

[0091] 在这种情况下, 第一波长 503(如 1480 纳米 $\leq \lambda_{(Tx)} \leq 1500$ 纳米) 是要求用于十亿(giga)比特无源光网络系统(GPON)及十亿比特以太无源光网络系统(GE-PON)。波分复用器 404 优先将某些上行信号(在第二波长 512(如 1260 纳米 $\leq \lambda_{Rx} \leq 1360$ 纳米)引导到雪崩光电二极管 504, 同时最小地影响通过波分复用器 404 的下行信号的流通(flow)。

[0092] 平面光波电路 502 的结构是这样设计的:从在 ONU- 面向光学端口 122 的数组中的四端口的任何一个到雪崩光电二极管 504 的主动表面的路径是同样在 40 皮秒的限度内, 以为提供用于光学通信系统的可用格式, 如适合将使用在 GE-PON 或 GPON 的上行中的以 1.25 十亿比特 / 秒的“二进制启闭键控”-“不归零编码”信号致能。设计者不仅要考虑在平面光波电路 502 上的波导路径长度, 也要考虑到在确定最优设计时的多模光波导 506 的模态色散(modal dispersion)。

[0093] 在平面光波电路 502 的优选具体实施例中, 如单模光波导的单模光波导 508 包括有数值孔径(N.A)(Numerical Aperture)为 0.22、4.5 平方微米的横截面及在 1310 纳米波长时为约 3.7 微米的模场直径。

[0094] 如图案化的多晶硅玻璃或光纤的单模光波导 508 可路由到在具有 8 微米间距的单模光波导 510 的数组中的平面光波电路 502 的出口。捕获光(λ_H)514 可从通过 ONU- 面向光学端口 122 的数组接收而从第二波长 512 提取。

[0095] 多模光波导 506 包括有 50 微米的核心直径及 0.27 的数值孔径。单模光波导 508 可以接近一致的效率而同时与上述的多模光波导 506 耦合。多模光波导 506 的另一边端点可与具有 65 微米主动区域的雪崩光电二极管 504 以接近一致的效率而以尾纤相连(pigtailed to)。

[0096] 单模光波导 508 的设计及多模光波导 506 的选择包括:多模光波导 506 的长度(必须确保从 ONU- 面向光学端口 122 的数组的任何一个来的并沿个别光学路径传播的信号是必须与源于同样的 ONU- 面向光学端口 122 的其中一个的其它复本(copies)(但沿个别光学路径传播)在 40 皮秒的限度内到达雪崩光电二极管 504)。从 ONU- 面向光学端口 122 中的特定一个通过单模光波导 508 的任何一个到雪崩光电二极管 504 的总延迟也包括在多模光波导 506 中的模态色散。

[0097] 图 5 的示意图及在本说明书中的其它附图是仅作为范例, 并且不作为表达单模光波导 508 的设计标准(criteria)的意图而仅表示成不提供额外限制的连结。单模光波导 508 的实际布局必须与应用的多路径长度限制的支配符合, 以为满足(meet)本发明的标

准。

[0098] 平面光波电路 502 是一个集成的装置,该装置可用于在 GE-PON 或 GPON OLT 的实施中将从光线路终端发射器 410 来的下行 (downstream) 光信号分路进入 ONU- 面向光学端口 122 的数组中,同时结合从 ONU- 面向光学端口 122 的数组来的上行光功率并将上行信号以符合 GE-PON 及 GPON 标准的比特率的上行通信的可用形式导引到雪崩光电二极管 504。

[0099] 现在参照图 6,其中表示在本发明的具体实施例中利用平面光波电路 502 的无源光网络光线路终端线路卡 (passive optical network optical line terminal line card) 600 的功能方块图。

[0100] 无源光网络光线路终端线路卡 600 的功能方块图描绘出包括电性接口 606 (如用无源光网络支持的小封装热插拔工业标准接口) 的小封装热插拔机构接口 (small form-factor pluggable mechanical interface) 602。电性接口 606 包括有用于机构及电性的公差的工业可接受规格。

[0101] 小封装热插拔模块 608 可与机构接口 602 耦合并通过机构接口 602 的电性接口 604 而与电性界面 606 耦合。在本发明的具体实施例中,作为范例,小封装热插拔模块 608 可包括光线路终端电路 610 (管理在小封装热插拔模块 608 与图 1 中光网络单元 124 之间的数据的传送及接收,该传送及接收是沿光网络 (未表示) 所分布的)。光线路终端电路 610 可设置电性接口来驱动光线路终端发射器 410 (如分布式回馈(DFB)激光器) 及接收从雪崩光电二极管 504 来的电性信号。

[0102] 光线路终端电路 610 可将数据条件化 (condition) 以将其以时分复用(TDM) 数据格式而非时分多址(TDMA) 格式通过 ONU- 面向光学端口 122 的数组交换来传送到小封装热插拔模块 608 内。从平面光波电路 502 到雪崩光电二极管 504 的多模光波导 506 的连接的存在允许了包含有 2×2 单模光学耦合器 202 的捕光埠 306 的光线路终端面对埠 304 是受现有技术支持。

[0103] 借由在小封装热插拔模块 608 上设置平面光波电路 502, ONU- 面向光学端口 122 的数量可从一个增加到四个而不会增加由现有技术解决方案要求的空间或硬件。可理解的是,表示成具有四个 ONU- 面向光学端口 122 的平面光波电路 502 是作为范例的方式,并且 ONU- 面向光学端口 122 的其它数量是可能的。

[0104] 借由熟悉本领域的技术人员而可理解的是,本发明可扩展到其它类型的点对多点的光学通信网路,该些类型包括但并不限制为那些定义为 10G- 以太无源光纤网络 (EPON) 标准、新兴国际电信联盟电信标准化部门 10G- 无源光网络 (emerging ITU-T10G-PON) 标准、光纤射频传输(RFoG) 网络、其它混合光纤同轴电缆网络 (hybrid-fiber coax networks) 及其它点对多点光学(或部分光学) 网络。

[0105] 当上述范例包括通过雪崩光电二极管 504 的多模光波导 506 的连接时,其它不包括多模光波导 506 的实施是可能的。作为范例,从平面光波电路 502 来的单模光波导 508 中的每一个可与个别的单模接收器 (未表示) 耦合来用于光线路终端电路 610 的电性接口。

[0106] 本发明的平面光波电路 502 可包括作为宽带下行分路器的应用,该应用在光广播通信网路中是普遍的。交替的波长可纳入用于将预期应用改变的本发明中。本发明能够实现:在下行方向的宽带单模分路器及在上行方向的无关波长 (wavelength-independent) 光功率合成器。由此产生的装置是适用于各种已知的无源光网络(PON) 及混合光纤同

轴网络(HFC)的实现,而不必注意波长的选择,并仅由上行信号上的带宽、在多路径合成(combining)光学、电光学及电子设备的限度上的要求所限制。

[0107] 可理解的是,平面光波电路 502 可包括有源光学组件(未示出)(如具有光升压器(optical booster)或前置放大器的光线路终端发射器 410、雪崩光电二极管 504、光强度放大器、偏振及相位调制器、包括半导体光放大器的光放大器或各种光衰减器)。其它的实施可包括其主动区域具有与平板多模波导(multi-mode slab waveguide)或单模光波导 508 的单模光波导 508 的数组更兼容的形状。

[0108] 平面光波电路 502 也包括集成的无源光学组件(如薄膜滤波片)、基于马赫-曾德(Mach-Zehnder)的干涉滤光片、数组波导光栅、布拉格光栅或多模干涉滤光片。用于无源滤波器的一个关键功能是将从光线路终端发射器 410 来的任何杂散光(stray light)或其它来源来的干扰在雪崩光电二极管 504 处保持在接收信号之外。

[0109] 现在参照图 7,其中表示在本发明具体实施例中的 1×32 单模光分路器/合成器 700 的示意图。1×32 单模光分路器/合成器 700 的示意图描绘出耦合成棱锥样式的 31 个 2×2 单模光学耦合器 202。

[0110] 当 1×32 单模光分路器/合成器 700 的优选具体实施例是表示成包括 2×2 单模光学耦合器 202 时,各种配置可适应及建造成图 5 的平面光波电路 502(包括但不限制为数组波导光栅(AWG)、多模干涉器(MMI)、及单模光纤星形耦合器)。

[0111] 一般来说,任何 NxN 星形耦合器的结构包括(但不限于)Dragone 路由器、多模干涉器(MMIs)、2×2 单模光学耦合器 202 的数组及基于星形耦合器的融合光纤(可工作为两 1×N 分路器并用于捕获光的收集器)。如果波导的设计可适应于由上行带宽所要求的在路径长度限度上的限制,则任何 N×N 星形耦合器的结构可形成为实施的基础或其部份。

[0112] 在平面光波电路 502 的实施中,必须注意到对单模光波导 508 的交叉(crossings)的数量的限制,因为单模光波导 508 的交叉中的每一个增加了光学损耗及降低制造性。

[0113] 1×32 单模光分路器/合成器 102 的具体实施例包括总数为 24 个的波导交叉,并在最坏情况下从 ONU- 面向光学端口 122 的任何一个到上行光检测器的路径包括有最多两波导交叉。这表现对现有技术的重大改进,该改进可提供减小的尺寸及制造富余(margin)的提高。

[0114] 具有总数为 36 个波导交叉的多路径光功率合成器的 1×32 单模光分路器的集成与用于现有技术的 496 个相比,最坏情况下在分路器上的 26 个路径交叉及最坏情况下在合成器上的 2 个路径交叉与现有技术用于分路器所要求的 31 个光学交叉及用于合成器所要求的 31 个光学交叉相比。在光学交叉数量的显著减少简化了平面光波电路 502 的设计及增加了制造富余。

[0115] 一额外的好处是降低或消除波长依赖性。在 PON 中的应用中,上行及下行的波长是定义在一个特定的范围内,而平面光波电路 502 可适应整个范围而没有额外的变化。

[0116] 通过一实例,GPON 要求光线路终端发射器 410(下行)发射波长在 1480 纳米与 1500 纳米之间的光。所有 ONU 发射机(上行)必须发射波长在 1260 纳米与 1360 纳米之间的光。熟悉本领域的技术人员将可理解的是,2×2 单模光学耦合器 202 及单模光波导 508 能够同时支持这两范围。

[0117] 可理解的是,当 N 增加,包括波分复用器 404 以从 OLT- 面向埠 304 的上行光捕光的

价值将减少。此外,2×2 单模光学耦合器 202 在宽带上操作的要求是放宽的 (relax)。在上行中不存在对光功率分路率的要求,仅有下行分路的要求(即 50% 到 2×2 单模光学耦合器 202 的每个埠)需要规范。本领域的普通技术人员可理解的是,与在窄带上操作的基于平面光波电路的 2×2 单模光学耦合器 202 相比更多的关注及空间是要求发明可在宽带上操作的基于平面光波电路的 2×2 单模光学耦合器 202。

[0118] 此外,当波长规格收紧时,基于平面光波电路的波分复用滤波器 (WDM filters) 的制造变得更加困难和需要更多的子阶段,该些子阶段转化了更多的总平面光波电路长度。现有技术需要 N 个三埠 WDM 耦合器。与本发明需要零或一个三埠 WDM 耦合器相比,本发明将设计及制造性都作简化,同时也减少了装置尺寸。

[0119] 从 1×32 单模光分路器 / 合成器 700 中消去 WDM 耦合器使装置更加与波长无关。本领域的普通技术人员目前可设计单一装置以在宽的波长要求范围下操作。这种一刀切的做法可导致制造复杂性的降低,并缩短新产品上市的时间。

[0120] 现在参照图 8,其中表示无源光网络光线路终端线路卡 800 的功能方块图,而该无源光网络光线路终端线路卡 800 是利用本发明的第二具体实施例中的平面光波电路的外部版本。该无源光网络光线路终端线路卡 800 的功能方块图描绘了包括有主接口 604 (如用于无源光网络支持的小封装热插拔工业标准接口) 的小封装热插拔模块 802。主接口 604 包括用于机构及电性公差 (tolerances) 的工业可接受规格。

[0121] 无源光网络机构接口 804 可包括电性接口 606。在热插拔光学接口的现有结构(未表示)中,是与设置有 ONU- 面向光学端口 122 的仅其中一个的小封装热插拔模块 802 基本上类似。该现有技术的局限性导致额外的硬件、空间及功率消耗以为为了增加借由无源光网络光线路终端线路卡 800 所支持的 ONU- 面向光学端口 122 的数量。

[0122] 在本发明的第二具体实施例中,小封装热插拔模块 802 可包括光线路终端电路 610 来管理在小封装热插拔模块 802 与图 1 中光网络单元 124 之间的数据的传送及接收,该传送及接收是沿光网络(未表示)所分布的。光线路终端电路 610 可设置电性接口来驱动光线路终端发射器 410(如分布式回馈 (DFB) 激光器) 及接收从雪崩光电二极管 504 来的电性信号。小封装热插拔模块 802 可比图 6 的小封装热插拔模块 608 短,因为平面光波电路 502 是移动到远程接口板件 806(如完全无源的光接口板件)。

[0123] 可理解的是,小封装热插拔模块 802 的光学及电性内容 (content) 可以其它形式因子 (factor) 组装,并且提供作为范例的小封装热插拔模块 802 的使用是由于小尺寸的挑战本质。进一步理解的是,远程接口板件 806 是一个完全的无源光学组件,该远程接口板件 806 可用作将现有的光网络延伸或扩展。

[0124] 借由在远程接口板件 806 上设置平面光波电路 502,ONU- 面向光学端口 122 的数量可从一个增加到四个而不会增加由现有技术解决方案要求的空间或硬件。可理解的是,表示成具有四个 ONU- 面向光学端口 122 的平面光波电路 502 是作为范例的方式,并且 ONU- 面向光学端口 122 的其它数量是可能的。也要理解的是,远程界面板件 806 可设置用于将多模光波导 506 与从图 1 的光网络单元 124 来的单模光纤耦合的互连硬件。

[0125] 可进一步理解的是,只要保持设计规则,则本发明在其构成部份的实体位置并未作出限制。因此,某些具体实施例可将构成部份实体地分开及 / 或将构成部份放置在个别模块。

[0126] 现在参照图 9, 其中表示无源光网络光线路终端线路卡 900 的功能方块图, 而该无源光网络光线路终端线路卡 900 是利用本发明的第三具体实施例中的平面光波电路的外部版本。该无源光网络光线路终端线路卡 900 的功能方块图描绘了包括有主接口 604 (如用于无源光网络支持的小封装热插拔工业标准接口) 的小封装热插拔模块 902。主接口 604 包括用于机构及电性公差 (tolerances) 的工业可接受规格。

[0127] 无源光网络机构接口 804 可包括电性接口 606。

[0128] 在本发明的第三具体实施例中, 小封装热插拔模块 902 可包括光线路终端电路 610 来管理在小封装热插拔模块 902 与图 1 中光网络单元 124 之间的数据的传送及接收, 该传送及接收是沿光网络 (未表示) 所分布的。光线路终端电路 610 可设置电性接口来驱动光线路终端发射器 410 (如分布式回馈 (DFB) 激光器) 及接收从雪崩光电二极管 504 来的电性信号。

[0129] 小封装热插拔模块 902 可比图 6 的小封装热插拔模块 608 小, 因为平面光波电路 502 是移动到远程接口板件 904 (如完全无源的光学接口板件)。单模接口总线 906 可以包括一束在远程接口板件 904 与小封装热插拔模块 902 之间耦合的单模光纤。单模 - 多模合成器 908 是将多个输入的单模转换成多模光波导 506 的单一输出。单模 - 多模合成器 908 可包括透镜结构、仿真近似结构或其类似。

[0130] 借由在远程接口板件 904 上设置平面光波电路 502, ONU- 面向光学端口 122 的数量可从一个增加到四个而不会增加空间或硬件。可理解的是, 表示成具有四个 ONU- 面向光学端口 122 的平面光波电路 502 是作为范例的方式, 并且 ONU- 面向光学端口 122 的其它数量是可能的。也要理解的是, 远程界面板件 806 可设置用于将单模接口总线 906 与从图 1 的光网络单元 124 来的单模光纤耦合的互连硬件。

[0131] 单模光纤 910 可将光线路终端发射器 410 与远程接口板件 904 之间耦合。

[0132] 现在参照图 10, 其中表示无源光网络光线路终端线路卡 1000 的功能方块图, 而该无源光网络光线路终端线路卡 1000 是利用本发明的第四具体实施例中的平面光波电路。该无源光网络光线路终端线路卡 1000 的功能方块图描绘了包括有主接口 604 (如用于无源光网络支持的小封装热插拔工业标准接口) 的小封装热插拔模块 608。主接口 604 包括用于机构及电性公差 (tolerances) 的工业可接受规格。

[0133] 小封装热插拔机构接口 602 可包括电性接口 606。电性接口 606 是倾向于允许将小封装热插拔模块 608 替换。

[0134] 在本发明的第四具体实施例中, 小封装热插拔模块 608 可包括光线路终端电路 610 来管理在小封装热插拔模块 608 与图 1 中光网络单元 124 之间的数据的传送及接收, 该传送及接收是沿光网络 (未表示) 所分布的。光线路终端电路 610 可设置电性接口来驱动光线路终端发射器 410 (如分布式回馈 (DFB) 激光器) 及接收从雪崩光电二极管 504 来的电性信号。

[0135] 借由在小封装热插拔模块 608 上设置平面光波电路 1002, ONU- 面向光学端口 122 的数量可从一个增加到四个而不会增加由现有技术解决方案要求的空间或硬件。可理解的是, 表示成具有四个 ONU- 面向光学端口 122 的平面光波电路 1002 是作为范例的方式, 并且 ONU- 面向光学端口 122 的其它数量是可能的。

[0136] 平面光波电路 1002 可设置用于光时域反射器 1006 的附件的多用途 (utility) 埠

1004。光时域反射器 1006 可发射及接收网络监控信号而不增加任何额外的信号衰退的惩罚。在现有技术中的配置中,光时域反射探针的波长应用是借由额外的 WDM 滤波器来完成,该额外的 WDM 滤波器增加对整体 PON 链路设计为不可忽视的插入损耗 (insertion loss)。在平面光波电路 1002 与多用途端口 1004 之间使用低弯曲 (bend) 损耗光纤促进了具有极小插入损耗的绕行 (circuitous) 光学路径。在这个范例中,光时域反射器 1006 是给出为可插入用于诊断目的的外部设备。

[0137] 多用途埠 1004 也可有利地用于针对广播(单向)服务的覆盖波长的注入,举例为在电器和电子工程师学会 (IEEE) 及国际电信联盟电信标准化部门 (ITU-T) 标准都定义的 1550 至 1560 纳米视频增强带。通过多用途埠 1004 的覆盖波长的注入由于多用途埠 1004 的连接而不遭受任何额外的信号损耗。

[0138] 多用途埠 1004 也可以作为输入埠 (用于在现有无源光网络的基础设施上用于双向无源光网络的次世代覆盖)。

[0139] 在许多情况下,限制 (blocking) 墟可在光检测器或检测器之前插入,以消除从新 PON 上行信号加在 (onto) 旧 PON 上行信号的干扰。这种范例可为在目前 G. 984GPON 上的“次世代”G. 98710G- 率 PON 的覆盖线路。在现有技术并在 G. 987. 2 的版本草案中定义的,由于 WDM 滤波器的插入损耗,覆盖将对 PON 链路设计贡献 1 分贝的额外损耗。值得注意的是,在本发明的实施中该 1 分贝的损耗是消除的。

[0140] 在上面的范例中,从最常见的 2×2 单模光学耦合器 202 的埠中的其中一个是给出 (presented to) 针对重新使用的模块的边缘。以同样的方式,视频广播网络或下一代无源光网络可借由利用相同埠来应用到现有的 PON。

[0141] 现在参照图 11,其中表示无源光网络光线路终端线路卡 1100 的功能方块图,而该无源光网络光线路终端线路卡 1100 是利用本发明的第五具体实施例中的平面光波电路 1002。该无源光网络光线路终端线路卡 1100 的功能方块图描绘了包括有主接口 604 (如用于无源光网络支持的小封装热插拔工业标准接口) 的小封装热插拔模块 1102。主接口 604 包括用于机构及电性公差 (tolerances) 的工业可接受规格。

[0142] 在本发明的第五具体实施例中,小封装热插拔模块 1102 可包括光线路终端电路 610 来管理在小封装热插拔模块 1102 与图 1 中光网络单元 124 之间的数据的传送及接收,该传送及接收是沿光网络 (未表示) 所分布的。光线路终端电路 610 可设置电性接口来驱动光线路终端发射器 410 (如分布式回馈 (DFB) 激光器) 及接收从雪崩光电二极管 504 来的电性信号。

[0143] 通过雪崩光电二极管 504 的多模光波导 506 的连接的存在允许四个 ONU- 面向光学端口 122 的内容物为 :ONU- 面向光学端口 122 的仅其中一个是由现有技术支持。

[0144] 借由在小封装热插拔模块 608 上设置平面光波电路 1002,ONU- 面向光学端口 122 的数量可从一个增加到四个而不会增加由现有技术解决方案要求的空间或硬件。可理解的是,表示成具有四个 ONU- 面向光学端口 122 的平面光波电路 1002 是作为范例的方式,并且 ONU- 面向光学端口 122 的其它数量是可能的。

[0145] 平面光波电路 1002 可设置用于光时域反射器 1106 (如无源接收器探针或双向收发器探针) 的附件的多用途 (utility) 墟 1104 (位于小封装热插拔模块 1102 内)。光时域反射器 1106 可接收网络监控信号而不增加任何额外的对 SFP (小封装热插拔) PON OLT 收

发器的信号衰退的惩罚。

[0146] 现在参照图12,其中示出在本发明的具体实施例中利用 1×4 单模光分路器 / 合成器的光线路终端收发器1200的示意图。光线路终端收发器1200的示意图描绘出在本发明的范例中包括有 2×2 单模光学耦合器202并安排以设置 1×4 单模光分路器 / 合成器的平面光波电路502。

[0147] 在作为范例的优选具体实施例中,将本发明集成进平面光波电路502的结构。将四端口版本集成在平面光波电路502上来利用 2×2 单模光学耦合器202(设计将从光线路终端发射器410来的及波长为 $\lambda_{(Tx)}$ 的功率均匀分路)。在这种情况下, $1480\text{ 纳米} \leq \lambda_{(Tx)} \leq 1500\text{ 纳米}$ 是要求作为用于十亿(giga)比特无源光网络系统(GPON)及十亿比特以太无源光网络系统(GE-PON)。波分复用器404优先将某些上行信号($1260\text{ 纳米} \leq \lambda_{Rx} \leq 1360\text{ 纳米}$)引导到光线路终端接收器128(可包含光学及电性装置的组合(未表示))而不影响通过波分复用器404的下行信号的流通。

[0148] 平面光波电路502的结构是这样设计的:从在ONU-面向光学端口122的数组中的四端口的任何一个到光线路终端接收器128的任何路径是同样在40皮秒的限度内,该40皮秒的限度是从上述范例得到的且上述范例以为提供用于光学通信系统的可用格式,如适合将使用在GE-PON或GPON的上行中的以1.25十亿比特/秒的“二进制启闭键控”-“不归零编码”信号致能。该实施不仅要考虑在平面光波电路502上的波导路径长度,也要考虑到在确定最优设计时的光耦合器1202(如透镜、折射耦合器、反射耦合器或仿真近似装置)的模态色散。

[0149] 在平面光波电路502的优选具体实施例中,单模光波导508包括有数值孔径(N.A)为0.22、4.5平方微米的横截面及在1310纳米波长时为约3.7微米的模场直径。单模光波导508可路由到在具有8微米间距的单模光波导510的数组中的平面光波电路502的出口。

[0150] 光耦合器1202可为如透镜、折射耦合器、反射耦合器、仿真近似装置或其类似的。本领域的这些普通技术人员将意识到所有四个所述单模光波导508可以接近一致的效率而同时与具有65微米主动区域的光线路终端接收器128耦合。

[0151] 单模光波导508的设计及光耦合器1202的选择必须确保从ONU-面向光学端口122的数组的任何一个通过一个或两个个别光学路径的来的信号是必须与ONU-面向光学端口122的其它任何一个来的是在40皮秒的限度内到达光线路终端接收器128。通过单模光波导508的任何一个的延迟也必须考虑到由于输入(incoming)信号的波长而在光耦合器1202中的模态色散。

[0152] 平面光波电路502是一个集成的装置,该装置可用于在GE-PON或GPON OLT的实施中将从光线路终端发射器410来的下行光信号分路进入ONU-面向光学端口122,同时结合从ONU-面向光学端口122来的光功率并将上行信号以在符合无源光网络标准的比特率上用于上行通信的可用形式导引到光线路终端接收器128。

[0153] 现在参照图13,其中表示出在本发明的第六具体实施例中利用 1×8 单模光分路器 / 合成器的光线路终端收发器1300的示意图。该光线路终端收发器1300的示意图描绘出作为本发明范例的平面光波电路1302,该平面光波电路1302包括有 2×2 单模光学耦合器202(安排成设置具有分路接收器路径的 1×8 单模光分路器 / 合成器)。

[0154] 该第六具体实施例将本发明集成进平面光波电路1302的结构。将八端口版本集

成在平面光波电路 1302 上来利用 2×2 单模光学耦合器 202 (设计将从光线路终端发射器 410 来的及波长为 $\lambda_{(Tx)}$ 的功率均匀分路)。

[0155] 在这种情况下, 1480 纳米 $\leq \lambda_{(Tx)} \leq 1500$ 纳米是要求作为用于十亿 (giga) 比特无源光网络系统 (GPON) 及十亿比特以太无源光网络系统 (GE-PON)。波分复用器 404 优先将某些上行信号 (1260 纳米 $\leq \lambda_{Rx} \leq 1360$ 纳米) 引导到雪崩光电二极管 504 而不影响通过波分复用器 404 的下行信号的流通。

[0156] 平面光波电路 1302 的结构是这样设计的 : 从在 ONU- 面向光学端口 122 的数组中的第一四埠的任何一个来的并行进通过光耦合器的到光线路终端接收器 128 的任何路径是同样在 40 皮秒的限度内, 该 40 皮秒的限度是从数据流 (stream) 的时间要求中得出, 如适合将使用在 GE-PON 或 GPON 的上行中的以 1.25 十亿比特 / 秒的“二进制启闭键控”-“不归零编码”信号致能。

[0157] 该实施不仅要考虑在平面光波电路 1302 上的波导路径长度, 也要考虑到在确定最优设计时的第一多模光波导 1304 及第二多模光波导 1308 的模态色散。在此多个接收器的环境中, 用于从 ONU- 面向光学端口 122 的数组来的任何比特的延迟路径应满足 40 皮秒的设计限度。

[0158] 在本发明的第六具体实施例中, 平面光波电路 1302 可包括有单模光波导 508, 该单模光波导 508 包括有数值孔径 (N. A) 为 0.22 、 4.5 平方微米的横截面及在 1310 纳米波长时为约 3.7 微米的模场直径。单模光波导 508 以具有 8 微米间距的两线性数组来离开平面光波电路 1302。光耦合器 1202 可包括透镜、反射耦合器、折射耦合器、仿真近似装置或其类似的。本领域的这些普通技术人员将意识到在所述单模光波导 510 的数组中的所有四个单模光波导 508 可以接近一致的效率而同时与光线路终端接收器 128 耦合。

[0159] 在单模光波导 510 的数组中的单模光波导 508 的设计及光耦合器 1202 的选择必须确保从 ONU- 面向光学端口 122 来的信号是必须与 ONU- 面向光学端口 122 的其它任何一个来的是在 40 皮秒的限度内到达光线路终端接收器 128。通过在单模光波导 510 的数组中的单模光波导 508 的任何一个的延迟也必须考虑到在光耦合器 1202 中的可能模态色散。在单模光波导 510 的数组与光线路终端接收器 128 之间的光耦合器 1202 可包括透镜、反射耦合器、折射耦合器、仿真近似装置或其类似的。

[0160] 可理解的是, 当光线路终端接收器 128 是表示成与独立的光耦合器 1202 的实例耦合的两区段 (segment) 时, 可有光线路终端接收器 128 的电子部份的集合是未表示的。在可选的配置中, 光线路终端接收器 128 可包括与光耦合器 1202 的每一个实例耦合的两端口。

[0161] 平面光波电路 1302 是一个集成的装置, 该装置可用于在 GE-PON 或 GPONOLT 的实施中将从光线路终端发射器 410 来的下行光信号分路进入 ONU- 面向光学端口 122, 同时结合从 ONU- 面向光学端口 122 来的光功率并将上行信号以在符合无源光网络标准的比特率上用于上行通信的可用形式导引到光线路终端接收器 128 或第二雪崩光电二极管 1306。

[0162] 上述配置可允许现有的集成电子设备使用, 以在上行信号上进行操作。这样的配置可使对新产品需求的更快的制造响应时间成为可能。借由本发明提供的额外的灵活性可提高针对本实施产品的生产性及设计富余。举例来说, 可耦合到单一光电检测器的 ONU- 面向光学端口 122 的数目是与光电检测器的大小呈负相关的功能。一般来说, 更高速度 (或带宽) 的光电检测器具有较小的主动检测区域。在想要的下行埠的数量是比可有效与单一光

电接收器耦合的数目多的状况下,人们可能想要使用其它光电检测器以求保持制造利润及交付时间表。

[0163] 现在参照图 14,其中示出在本发明的第七具体实施例中利用 2×8 单模光分路器 / 合成器的光线路终端收发器 1400 的示意图。光线路终端收发器 1400 的示意图描绘出在本发明的范例中包括有 2×2 单模光学耦合器 202 并安排以设置 2×8 单模光分路器 / 合成器的平面光波电路 1402。

[0164] 第七具体实施例将本发明集成进平面光波电路 1402 的结构。将八端口版本集成在平面光波电路 1402 上来利用 2×2 单模光学耦合器 202(设计将从光线路终端发射器 410 来的及波长为 $\lambda_{(Tx)}$ 的功率均匀分路)。在这个范例中, $1480 \text{ 纳米} \leq \lambda_{(Tx)} \leq 1500 \text{ 纳米}$ 是要求作为用于十亿 (giga) 比特无源光网络系统 (GPON) 及十亿比特以太无源光网络系统 (GE-PON)。波分复用器 404 优先将某些上行信号 ($1260 \text{ 纳米} \leq \lambda_{Rx} \leq 1360 \text{ 纳米}$) 引导到雪崩光电二极管 504 而不影响通过波分复用器 404 的下行信号的流通。

[0165] 平面光波电路 1402 的结构是这样设计的:从在 ONU- 面向光学端口 122 的数组中的八端口的任何一个并行进通过光耦合器 1202 而到雪崩光电二极管 504 的主动表面的任何路径是同样在 40 皮秒的限度内,该 40 皮秒的限度是适合将使用在 GE-PON 或 GPON 的上行方向中的以 1.25 十亿比特 / 秒的“二进制启闭键控”-“不归零编码”信号致能。

[0166] 该实施不仅要考虑在平面光波电路 1402 上的波导路径长度,也要考虑到在确定最优设计时的光耦合器 1202 的模态色散。

[0167] 在第七具体实施例中,平面光波电路 1402 可包括包括有数值孔径 (N.A) 为 0.22、4.5 平方微米的横截面及在 1310 纳米波长时为约 3.7 微米的模场直径的单模光波导 508。单模光波导 508 以具有 8 微米间距的线性数组来离开平面光波电路 1402。本领域的这些普通技术人员将意识到在所述所有八个单模光波导 508 可以接近一致的效率而同时借由使用透镜或模拟近似耦合而与具有 65 微米的主动区域雪崩光电二极管 504 耦合。

[0168] 单模光波导 508 的设计及光耦合器 1202 的选择必须确保从 ONU- 面向光学端口 122 的任何一个来的信号是必须与相对于从 ONU- 面向光学端口 122 的同一个来的任何其它光学路径是在 40 皮秒的限度内到达雪崩光电二极管 504。总延迟也必须考虑到在光耦合器 1202 中的任何模态色散。

[0169] 平面光波电路 1402 是一个集成的装置,该装置可用于在 GE-PON 或 GPONOLT 的实施中将从光线路终端发射器 410 及第二 OLT 发射器 (每个发射器都发射相同的下行信号) 来的下行光信号分路进入 ONU- 面向光学端口 122 的数组,同时结合从 ONU- 面向光学端口 122 的数组来的光功率并将上行信号以在符合无源光网络标准的比特率上用于上行通信的可用形式导引到雪崩光电二极管 504。

[0170] 上述配置可允许现有的集成电子设备使用来在下行信号上进行操作。当波长为 1480 至 1500 纳米范围的光放大器不作选项时,这样的配置可使多个低成本 OLT 发射器的使用成为可能。这种信号的光放大器是因其要求 S 带的光放大器的存在而成为挑战。具有上至约 13 毫瓦分贝 (dBm) 的饱和输出功率并与光线路终端发射器 410 并联的相当于可能是四非冷却直接调制的分布式回馈激光器的半导体光放大器是目前可用的。在 1530 纳米波长具有异常高的弯曲损耗的光纤的基础上,S 带的掺铒光纤放大器已证明,但非市面可得的。这样的配置可能使对新产品需求的更快制造响应时间成为可能。借由本发明提供的额

外的灵活性可提高针对本实施产品的生产性及设计富余。

[0171] 依据要求,本发明可配置为具有两光分路器和一多路功率合成器的集成装置。这可以推广到不同数量的组合。

[0172] 现在参照图 15,其中表示在本发明第八具体实施例中 32 埠的一百亿 / 秒 PONOLT 收发器 1500 的功能方块图。32 埠的一百亿 / 秒 PON OLT 收发器 1500 的功能方块图描绘出作为本发明的进一步范例的包括有 2×2 单模光学耦合器 202 并安排以设置 1×32 单模光分路器 / 合成器的平面光波电路 1502。

[0173] 第八具体实施例将本发明集成进平面光波电路 1502 的结构。将 32 端口版本集成在平面光波电路 1502 上来利用 2×2 单模光学耦合器 202(设计将从光线路终端发射器 1504 来的及波长为 $\lambda_{(tx)}$ 的功率均匀分路)。在这种状况,在 1575 到 1580 纳米的波长窗口是由 ITU-T 和 IEEE 共同定义并用于一百亿 / 秒 OLT 发射器。

[0174] 在短期内,用于该些十亿比特速度 PON 的下行发射器的放大器将受到挑战。由 ITU-T 及 IEEE 共同定义的下一代的该些 PON 已选择操作在 1575 到 1580 纳米的波长窗口的一百亿 / 秒 OLT 发射器。L 带的掺铒光纤放大器 (EDFA) 是在目前技术中所熟知的。标准的 L 带 EDFA 是在 1565 到 1600 纳米的窗口以具有平坦的增益回应来操作。

[0175] 针对此应用, L 带 EDFA1506 仅须在 1575 到 1580 之间的信号波长以有利地操作。从 L 带 EDFA1506 来的 20 分贝恒定输出功率是在现有技术的范围。

[0176] 配置以便于使用 32 端口一百亿 / 秒 PON OLT 的本发明需要 L 带 EDFA1506, 该 L 带 EDFA1506 将发射器信号放大到 20 分贝的恒定输出功率并导致在每个埠处大于 3 分贝的有效光功率。从 31 个单模光波导 508 来的捕获光是导引到根据本发明所定义的路径长度限制的一个或一个以上的光接收器。在以上实施中,具有约 200 微米核心直径的多模光波导 506 将捕获光 514 导引到 200 微米直径主动区域版本的雪崩光电二极管 504。

[0177] 在用于下行的基于标准 1x32 平面光波电路的光分路器的 17 分贝损耗的标准表现的基础上, L 带 EDFA1506 提供的 20 分贝应给出从每个埠处为 3 分贝的有效发射功率。在下行上,甚至高噪讯系数 (NF) (NF=10 分贝) 的 L 带 EDFA 可对整体下行信号作出负 146 分贝 / 赫兹的相对噪讯系数 (RIN) 的贡献。这相对噪讯系数在整个一百亿比特 / 秒的下行链路规画上贡献可以忽略不计的惩罚。

[0178] 人们可预计在上行方向有 2 分贝的损耗,这意味着具有负 28 分贝的敏感性的光线路终端接收器 128 的单一例子将在每个 32 埠处转化成负 26 分贝的有效敏感性。

[0179] IEEE 的规范定义了在 1270 到 1290 纳米波长范围内的 12.5 亿比特 / 秒的上行。ITU-T 的规范也在 1270 到 1290 纳米波长范围内的 25 亿比特 / 秒的上行。

[0180] 在上行的 31 种模式可与单模光波导以高效率耦合。整体波导设计造成如从 ONU- 面向光学端口 122 的任何一个到光线路终端接收器 128 的所有路径是与在 20 皮秒限度内为等效。如果在单模光波导的 NA 为 0.22 及波导横截面为 4.5 平方微米,则模场直径在 1270 纳米为 3.9 微米。

[0181] 31 个单模光波导 508 可以低损耗而耦合进入光线路终端接收器 128(包括图 5 的具有直径 200 微米的主动区域的雪崩光电二极管 504) 内。可选地,31 个单模光波导 508 可耦合进入单一个多模平板波导(具有在平面光波电路 1502 内的约 200 微米乘 4.5 微米的尺寸,并且未表示)内。无论是 31 个单模光波导 508 的数组或单一个多模平板波导都可与

光线路终端接收器 128(用于将包括有具有传统光学的直径 200 微米主动区域的雪崩光电二极管 504 或是包括具有市售的 0.8GHz(十亿赫兹)带宽的 200 微米主动区域的雪崩光电二极管 (APDs) 的 0.4NA 多模光波导)耦合。

[0182] 针对作为在 IEEE 的方法中使用的 1.25Gb/s 的上行及由 ITU-T 定义的 2.5Gb/s 的上行中的两个,0.8GHz 带宽是不足以支持以 2.5Gb/s 的突发模式接收 (burst-mode reception)。

[0183] 由于使用了单阱特征接收器 (single well characterized receiver),可预见电子均衡电路(未表示)可包括在光线路终端接收器 128 内以为有限带宽补偿 - 也许并不完美,但也许足以在链路规划中证明约 15 分贝的改善。

[0184] 单模光波导 508 的设计及多模光波导 506 的选择包括多模光波导 506 的长度,该长度必须确保从 ONU- 面向光学端口 122 的任何一个来的信号是必须与相对于从 ONU- 面向光学端口 122 的同一个来的任何所选光学路径是在 20 皮秒的限度内到达雪崩光电二极管 504。通过单模光波导 508 的任何一个的延迟也必须考虑到在多模光波导 506 中的任何模态色散。

[0185] 现在参照图 16,其中表示在本发明第九具体实施例中 32 端口 10Gb/s PON OLT 到达延伸系统 1600 的功能方块图。32 端口 10Gb/s PON OLT 到达延伸系统 1600 的功能方块图描绘出 32 塔 10Gb/s PON OLT 到达延伸板件 1602(具有 1×32 单模光分路器 / 合成器 1502,如作为本发明的进一步范例的图 2 的 2×2 单模光学耦合器 202 的形式的平面光波电路)。

[0186] 第九具体实施例将本发明集成进 32 塔 10Gb/s PON OLT 到达延伸板件 1602 的结构来利用用于通向 (access to)ONU- 面向光学端口 122 的端口的 1×32 单模光分路器 / 合成器 1502。ONU 发射器在 $\lambda_{(Rx)}$ 波长下操作,在此情况下,由 ITU-T 和 IEEE 共同定义的在 1270 到 1290 纳米的波长窗口是用于 10G-PON ONU 发射器。L 带 EDFA1506 仅需要在 1575 到 1580 之间的单一波长下操作。

[0187] 下行信号可借由使用 EDFA、半导体光放大器或外箱拉曼放大 (outside-the-box Raman amplification) 来使其光学地再产生。在可选的具体实施例中,下行信号可借由光 - 电 - 光 optical-to-electronic-to-optical (OEO) 过程来重新产生。在这一过程中,光接收器朝向光线路终端,并检测下行光信号产生的电子信号 (驱动一个或多个下行发射器,该下行发射器是耦合进入 ONU- 面向下行塔或多个 ONU- 面向下行塔)。

[0188] L 带 EDFA1506 的 20 分贝恒定输出功率版本是在现有技术的界限内。L 带 EDFA1506 将足以驱动 1×32 单模光分路器 / 合成器 1502 的下行塔。

[0189] 具有约 200 微米核心直径的多模光波导 506 将捕获光 514 导引到 200 微米直径主动区域版本的雪崩光电二极管 504。高速模拟转数字转换器 1606 可将与雪崩光电二极管 504 耦合的跨阻抗放大器 1605 的输出转译。高速模拟转数字转换器 1606 可将数字比特流提供给现场可编程门阵列 (field programmable gate array) 1608 的输入。

[0190] 时钟可本地地得到或从下行信号截获。所有的突发模式电路的功能及额外的均衡 (用于不足的接收机带宽),甚至有些程度的前向纠错 (FEC) 可在现场可编程门阵列 1608 内数字地完成。此外,在现场可编程门阵列 1608 内的数字处理可允许 ONU 发射机 1610 将信号以恒定振幅及光线路终端的突发模式接收机(未表示)的放松动态范围的规格来发送回

基于中心办公室的光线路终端(未表出)。

[0191] 以上的具体实施例可借由由现场可编程门阵列 1608 实行的信号处理的调整而适应在信号格式的改变。举例来说,以上说明的具体实施例可将 2.5Gb/s 的二进制与 5Gb/s 的双二进制的上行信号适应而不作任何硬件修改。

[0192] 单模光纤连接器可将位于模块边缘的 OLT 面对光学端口 1612 与位于 ONU 面对侧的 32 单模光纤连接器耦合。在 ONU 面对侧的埠数量可由应用的要求来调整。在模块内,三端口 WDM 耦合器 1604 可使用来将下行信号导引到光学放大器或光接收器(在 OEO 下行再生的情况下)。实行者可选择以包括在模块内的 ONU 而与光线路终端对模块状态及遥测信息作通信。

[0193] 对 PONs 领域的普通技术人员来说,将要理解的是如果模块可由 ONU 终端设备而透明地及自主地操作,则模块将会对 PON 网络运营商提供最大的用处。早些在再生的 GPON 上行信号使用 OEO 方式的尝试是部分由于 OLT 当地接收器必须读存复位信号(是将从 OLT MAC(媒体读存控制)来的直接电性连接提供给接收器)而已经证明了减少的动态范围。PON 扩展系统的操作是独立、自主地及远程地从 OLT 排除对复位信号的读存。

[0194] 为了达到高表现的独立接收机的操作的解决方案是利用与在 OLT 突发模式接收机(模拟)电路的标准中相比为更好的接收机决定阀值及决定作出系统。对信号接收及辨别的改善及作出更健全性(robust)的方式是取样上行接收机的信号或该些信号、利用数字信号处理以增加处理前的程度或对该些信号同等化并利用可能比(仿真)电子电路中更灵活及健全性的决定算法。

[0195] 该处理也可有利地针对在接收器中的任何非理想性(如在某些具体实施例中使用的多模光波导而损耗电性检测带宽或模态色散的情况下,利用较大的主动区域的光接收器(用来捕捉更多上行光)的惩罚)作出补偿。

[0196] 现在参照图 17,其中表示在本发明第十具体实施例中 32 端口 10Gb/s PON OLT 到达延伸系统 1700 的功能方块图。32 端口 10Gb/s PON OLT 到达延伸系统 1700 的功能方块图描绘出与板件 1702(如一对图 16 的 32 端口 10Gb/s PON OLT 到达延伸系统 1600)的余度(redundant)版本耦合的 1×32 单模光分路器/合成器 1502 的延伸版本。

[0197] 第一光学再生器 1702 可包括三埠 WDM 耦合器 1604、L 带 EDFA1506、多模光波导 506、雪崩光电二极管 504、跨阻抗放大器 1605、高速模拟转数字转换器 1606、现场可编程门阵列 1608 及光发射器单元 1610。三埠 WDM 耦合器 1604 可提供用于 OLT- 面向光学端口 1612 的来源。

[0198] 第二光学再生器 1704 是同样地配置成与第一光学再生器 1702 具有相同功能方块。L 带 EDFA1506 可通过单模光纤而与单模开关 1706 耦合。同样的连接是在第二光学再生器 1704 与单模开关 1706 之间作出。单模开关 1706 的输出是 1×32 单模光分路器/合成器 1502 的下行埠。

[0199] 第一光学再生器 1702 及第二光学再生器 1704 包括一个余度备份电子系统可使 32 端口 10Gb/s PON OLT 到达延伸系统 1700 的领域适用性(field serviceability)的延伸成为可能。由于 1×32 单模光分路器/合成器 1502 的完全无源性质,其领域长寿性可借由包括有由第一光学再生器 1702 及第二光学再生器 1704 提供的余度电子装置集而增强。

[0200] 多模连接是在 1×32 单模光分路器/合成器 1502 的上行埠与多模开关 1708 之间

作出。多模开关 1708 的输出是与第一光学再生器 1702 及第二光学再生器 1704 的多模光波导 506 耦合。

[0201] 具有如此高的 N,一些余度可能是想要的。一般来说,即使是最可靠的有源电子装置及与无源光学组件相比具有较低的可靠性的电光装置 (electro-optics) 上面的说明说明了如何完成(有源)设备及路径(到 OLT)的余度 (redundancy)。

[0202] 现在参照图 18,其中表示在本发明的第十一具体实施例中混合光纤同轴光网络中继器 1800 的功能方块图。该混合光纤同轴光网络中继器 1800 的功能方块图描绘了平面光波电路 1802,该平面光波电路 1802 包括 8 个 ONU- 面向光学端口 122 的平面光波电路 1802 及借由由单模光波导 508 而将 2×2 单模光学耦合器 202 耦合的 1×8 单模光分路器 / 合成器的实行。

[0203] 平面光波电路 1802 可安装在具有平面光波电路 1802 (与载板件 1804 的发射器端埠 1806 耦合) 的下行埠的载板件 1804 上。混合光纤同轴光网络 (HFC) 返回路径接收器 1808 是经过多模光波导 506 而与平面光波电路 1802 的单模光波导 508 耦合。HFC 返回路径接收器 1808 的射频 (RF) 放大器是与载板件 1804 的上行 RF 输出 1810 耦合。单模前向路径光学输入端口 1806 将与前向路径发射器(未表示)或光放大器(未表示)连接。

[0204] 图 18 的图表示本发明的另一个实行的范例,其将数个模块的功能结合进具有更好性能、明显较小的尺寸及波长独立的单一模块中。平面光波电路 1802 在其作为 (does with) 1610 纳米的光纤射频传输 (Radio Frequency over Glass (RFoG)) 的返回路径信号时还作为用于 1310 纳米的 RFoG 的返回路径信号。

[0205] 混合光纤同轴光网络中继器 1800 是将前向路径光分路器 / 功率合成返回路径接收器模块集成而用于 HFC 及 RFoG 网络中。除了混合光纤同轴光网络中继器 1800 的多模光波导输入 506, HFC 返回路径接收器 1808 为本领域所熟悉的。根据从任何 ONU- 面向光学端口 122 而到光电二极管 1811 的本发明的多个路径必须与小于 851 皮秒的公差相等。作为说明的平面光波电路 1802 的实行可以融合光纤耦合器的 2×2 单模光学耦合器 202 来实行。

[0206] 返回路径的 RF 信号是在根据 DOCSIS3 规范的 10 到 80 百万赫兹范围的频率中的子载波上调制。熟悉本领域的技术人员可理解的是:针对将具有 Δt 的时间延迟的同样的 RF 子载波复用器 (SCM) 信号结合,载波噪声比 (CNR) 的惩罚是根据方程式:

$$[0207] CNR = CNR_{\max} \cos^2(\pi f_{\max} \Delta t) \quad \text{方程式 5}$$

[0208] 针对在所有频率上的最大 0.1 分贝的惩罚, Δt 小于 851 皮秒。在玻璃中 (折射率等于 1.5),这是等效成 17 公分的长度。即使在拼接 (splicing) 光纤中这样的长度限度是易于管理的。因此,虽然不是如同平面光波电路的实现一般紧凑的,完全可行的实施在将 $2 \times 250/50$ 单模融合光纤耦合器拼接的基础上可根据本发明而同时保持 17 公分长度的限度。

[0209] 现在参照图 19,其中表示利用在本发明的第十二具体实施例中的 $1 \times (N/2)$ 单模光分路器 / 合成器的光线路终端收发器 1900 的功能方块图。光线路终端收发器 1900 的功能方块图描绘了包括有 ONU- 面向光学端口 122 的数组的 $(N/2)2 \times 2$ 单模光耦合器 202。额外的下行信号的光学分路是借由单模 $1 \times (N/2)$ 分路器 1902 来便于使用。在 2×2 单模光学耦合器 202 上的每个捕光埠 306 是路由到光线路终端接收器 128 而用于转换成独立的电性信号。因为每个捕光埠 306 具有到光 / 电转换器 412 的独特路由,其路由的长度也是独立

的，并且不具有对其他路由的关键时序关系 (critical timing relationship)。

[0210] 2×2 单模光学耦合器 202 到光线路终端接收器 128 的第一路线的路由包括从 ONU- 面向光学端口 122 的数组来的总信号内容的二分之一，并且大于或等于在 $1 \times (N/2)$ 单模光分路器 1901 内的 2×2 塔所保持未实现的振幅。仅将 2×2 单模光学耦合器 202 的未使用塔的第一路线路由将会接近于在 3 分贝内的最大结果并可充份提供可靠及健全性的通信。

[0211] 现在参照图 20，其中表示无源光网络光线路终端线路卡 2000 的功能方块图，而该无源光网络光线路终端线路卡 2000 是利用本发明具体实施例中的平面光波电路 502。该无源光网络光线路终端线路卡 2000 的功能方块图描绘了包括有电性接口 606 (如用于无源光网络支持的小封装热插拔工业标准接口) 的小封装热插拔机构接口 602。电性接口 606 包括用于机构及电性公差 (tolerances) 的工业可接受规格。

[0212] 小封装热插拔模块 608 可通过其电性界面 604 而与电性接口 606 及机构接口 602 耦合。

[0213] 在本发明的具体实施例中，作为范例，小封装热插拔模块 608 可包括光线路终端发射器电路 610 来管理在小封装热插拔模块 608 与图 1 中光网络单元 124 之间的数据的传送及接收，该传送及接收是沿光网络 (未表示) 所分布的。光线路终端发射器电路 610 可设置电性接口来驱动光线路终端双向 (bidirectional) 光学子组件 (sub-assembly) 2002。

[0214] 光时域反射仪 (OTDR) 探针 1106 可与平面光波电路 502 耦合。从平面光波电路 502 到光时域反射仪探针 1106 的多模光波导 506 连接的存在允许用于网络监控目的的捕获光 514 的内含物。借由使用本发明的捕光技术，可达到在返回光时域反射仪探针 1106 的信号中的负 16.3 分贝的改进。这大大提高了灵敏度及跨过如图 1 的单模光纤 126 所得的读数精度。在双向光学子组件 2002 及光时域反射仪探针 1106 之间的光学隔离也有利地提高了。

[0215] 具有嵌入在小封装热插拔模块 608 内的光时域反射仪探针 1106 可提供用于确定单模光纤 126 (在图 1 的光网络单元 124 与小封装热插拔模块 608 的 ONU- 面向光学端口 122 之间) 的状况的实时分析能力。光时域反射仪探针 1106 可用于估计单模光纤 126 的长度及总衰减 (包括接头和连接器配对的损耗)。其也可以用来定位故障 (如损坏) 及用来测量光学返回损耗。

[0216] 熟悉本领域的技术人员将理解的是，本发明可对日常维护及图 1 的单模光纤 126 (使用在多种点对多点光通信网路，并且包括但不限于定义为 10G-EPOON 标准、新兴 10g-pon ITU-T 标准、光纤射频传输 (RFoG) 网络、其它混合光纤同轴电缆网络及其它点对多点光学 (或部分光学) 网络) 的支持来说是必不可少的。

[0217] 现在参照图 21，其中表示在本发明的进一步具体实施例中的光网络通信系统的操作 2100 的流程图。方法 2100 包括有设置平面光波电路，其包括：在方块 2102 中，将 2×2 单模光学耦合器在数组中连接以用于形成 $1 \times N$ 单模光分路器 / 合成器，并将捕光塔路由到光线路终端接收器以用于从该捕光塔中的两个或更多个收集该光线路终端接收器中的捕获光，其中，捕光塔中的一个或更多个是从该 2×2 单模光学耦合器 202 来的；在方块 2104 中，以第一波长通过该平面光波电路而发射到光网络单元；以及在方块 2106 中，以第二波长并通过该捕获光而从光网络单元转译回应。

[0218] 产生的方法、处理、设备、装置、产品、及 / 或系统是直接、省成本、不复杂、多方面、精确、灵敏并且有效果地借由配合已知组件实现以供现成、有效及节约的制造、应用、及利用。

[0219] 本发明的其它重要态样是在于其有价值地支持并对降低成本、简化系统、及提升性能的历史潮流服务。

[0220] 这些及其它有价值的态样因此将技术状态推动到至少下一个水平。

[0221] 尽管本发明已与特定的最佳模式结合而描述,要了解的是,许多在前所述的替代方案、修改、及变化对熟悉本领域的技术人员来说将是清楚明白的。因此,它是打算包含所有这些列入所包括在权利要求范围内的替代方案、修改、及变化。之前本文所阐述或在附图所示的所有内容是以说明性及非限制的观念来解释。

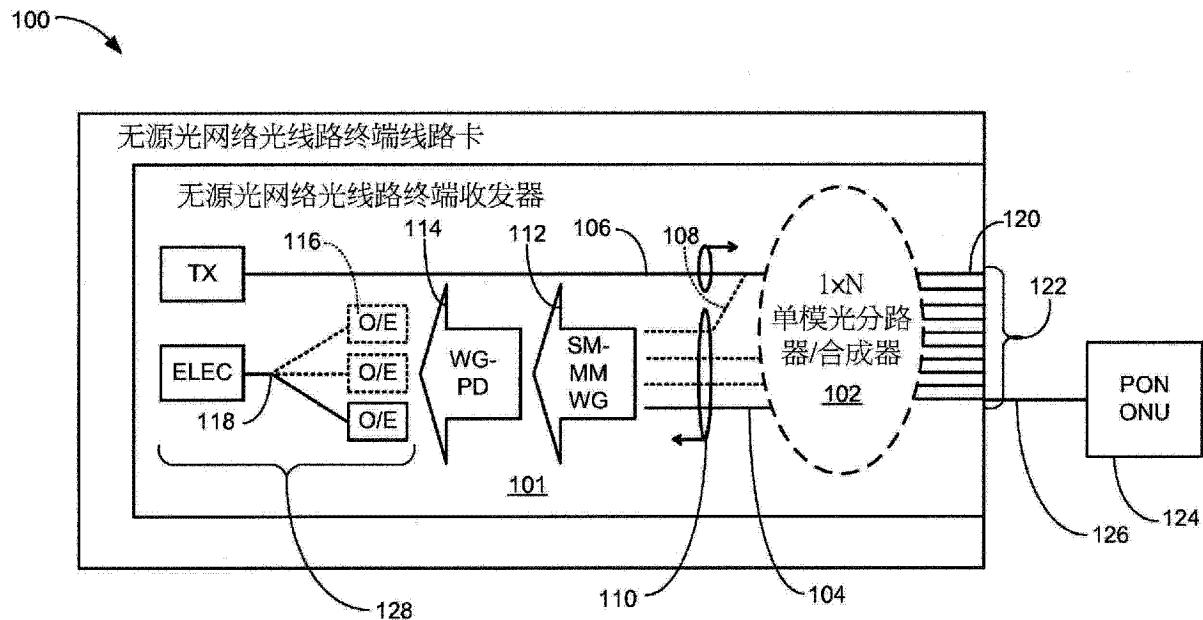


图 1

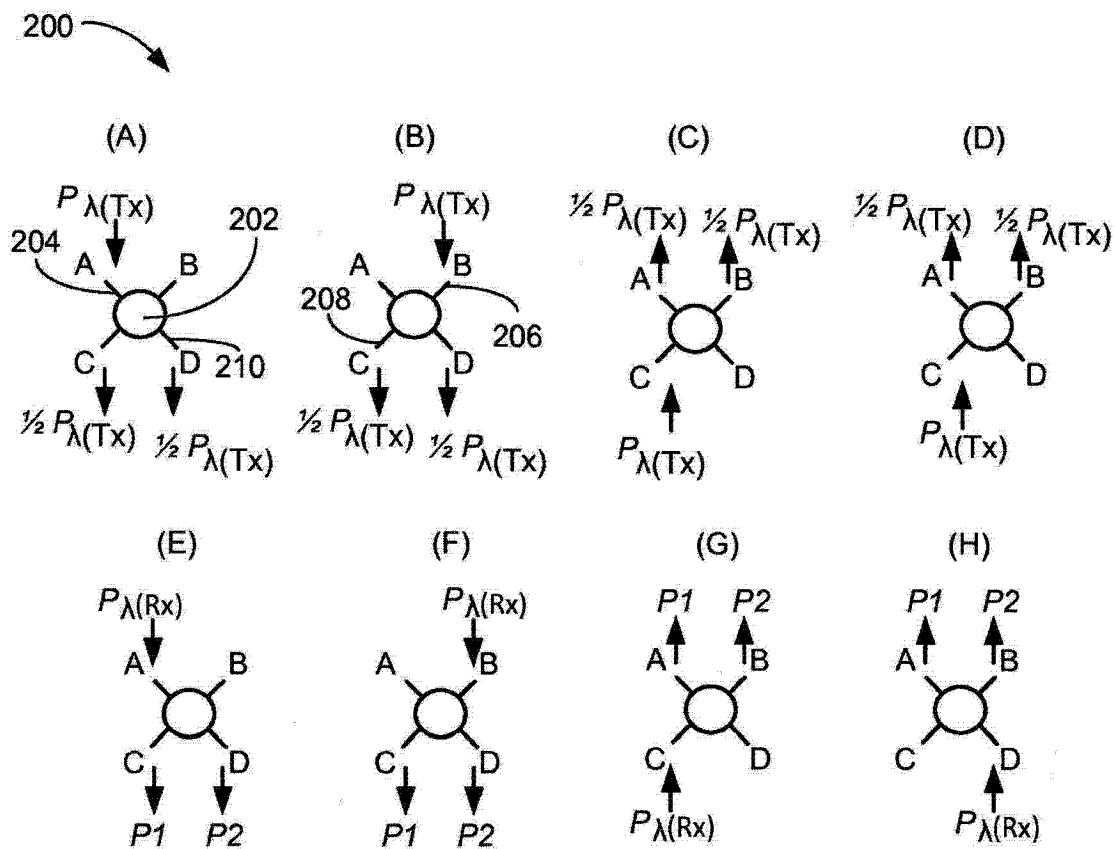


图 2

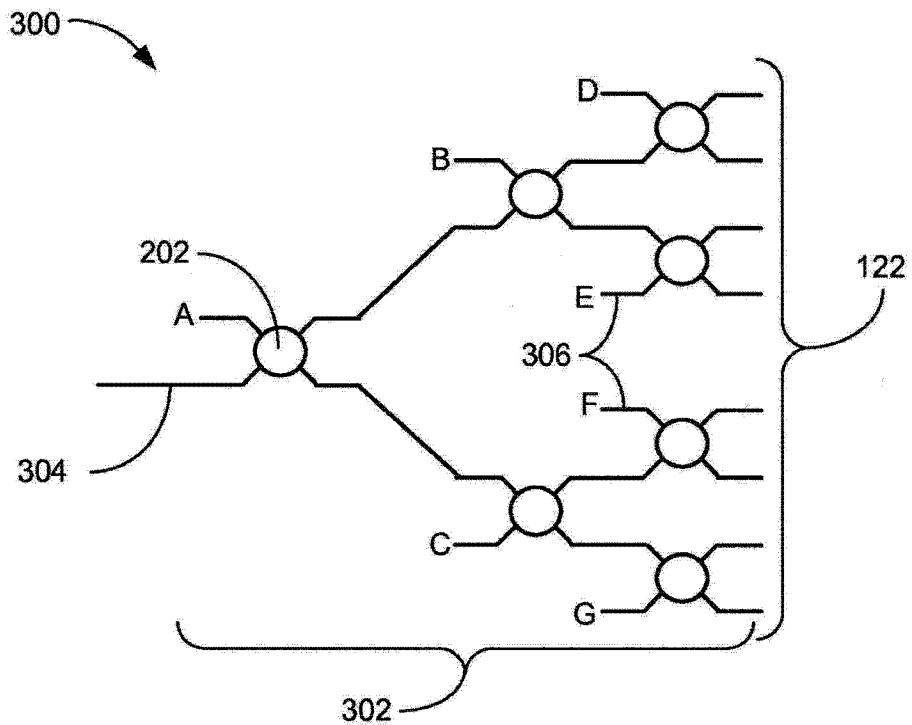


图 3

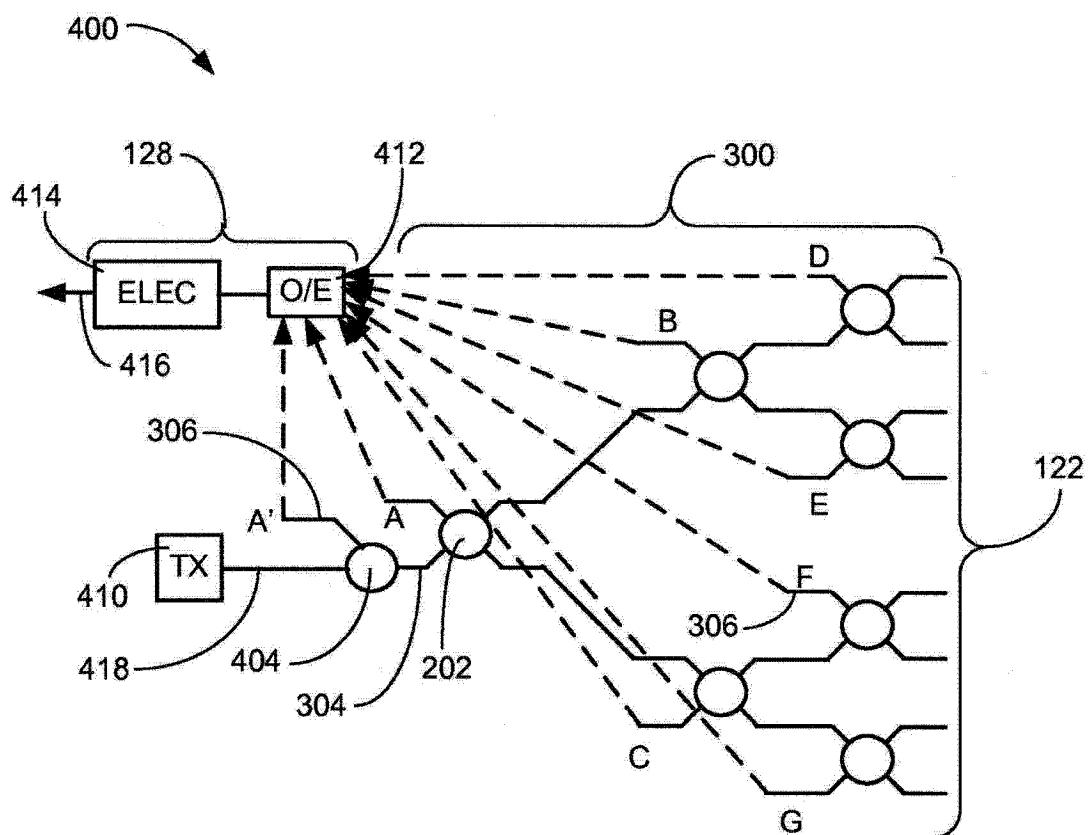


图 4

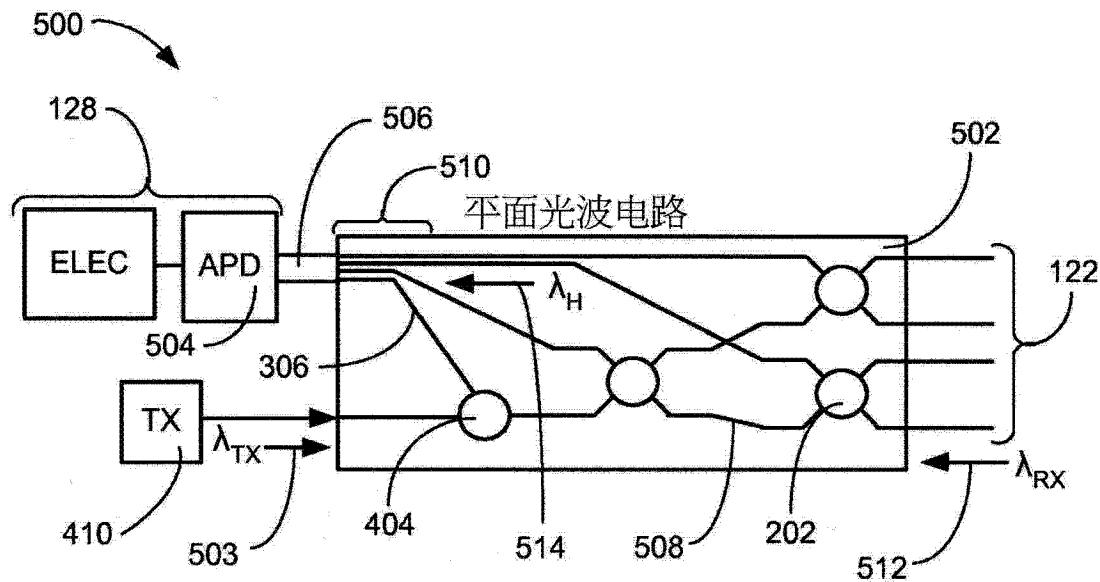


图 5

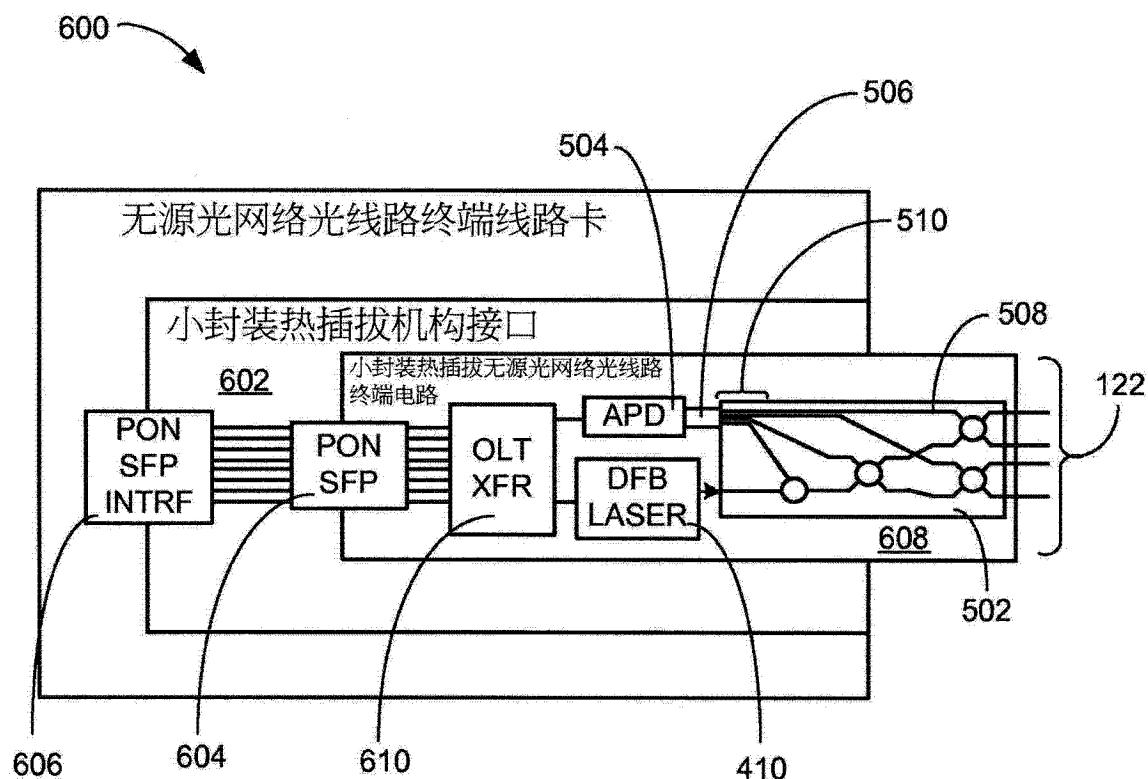


图 6

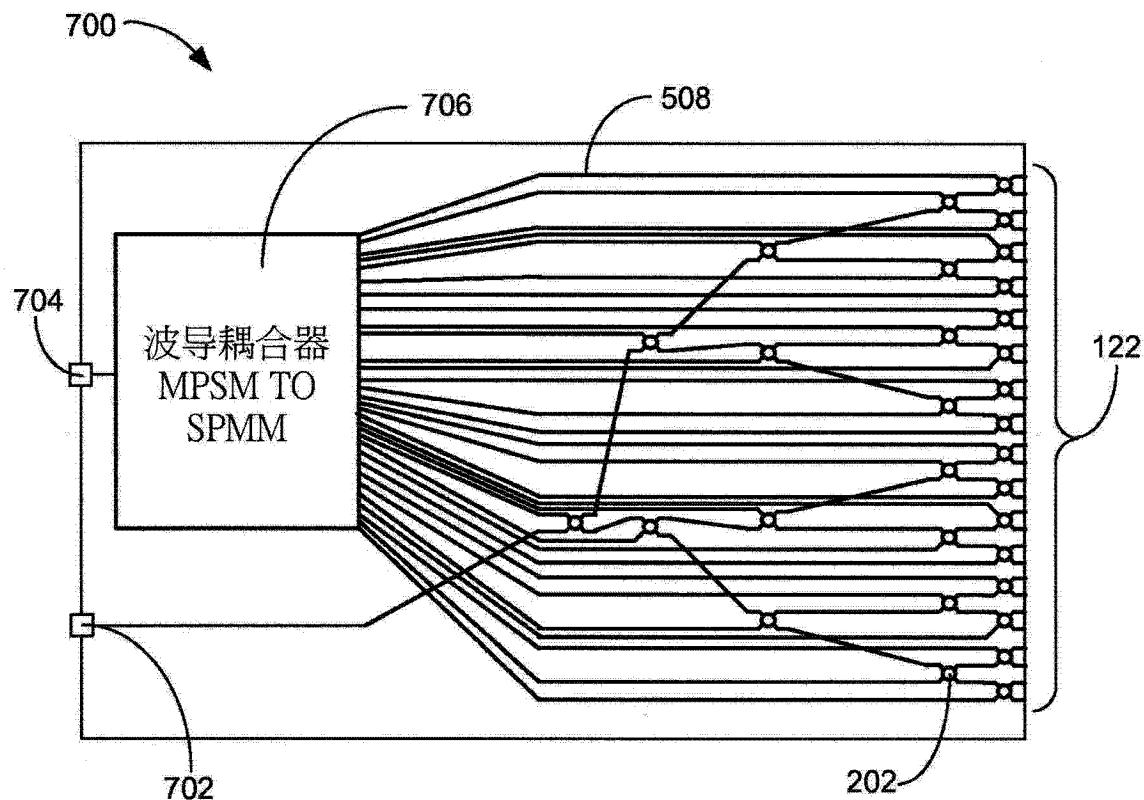


图 7

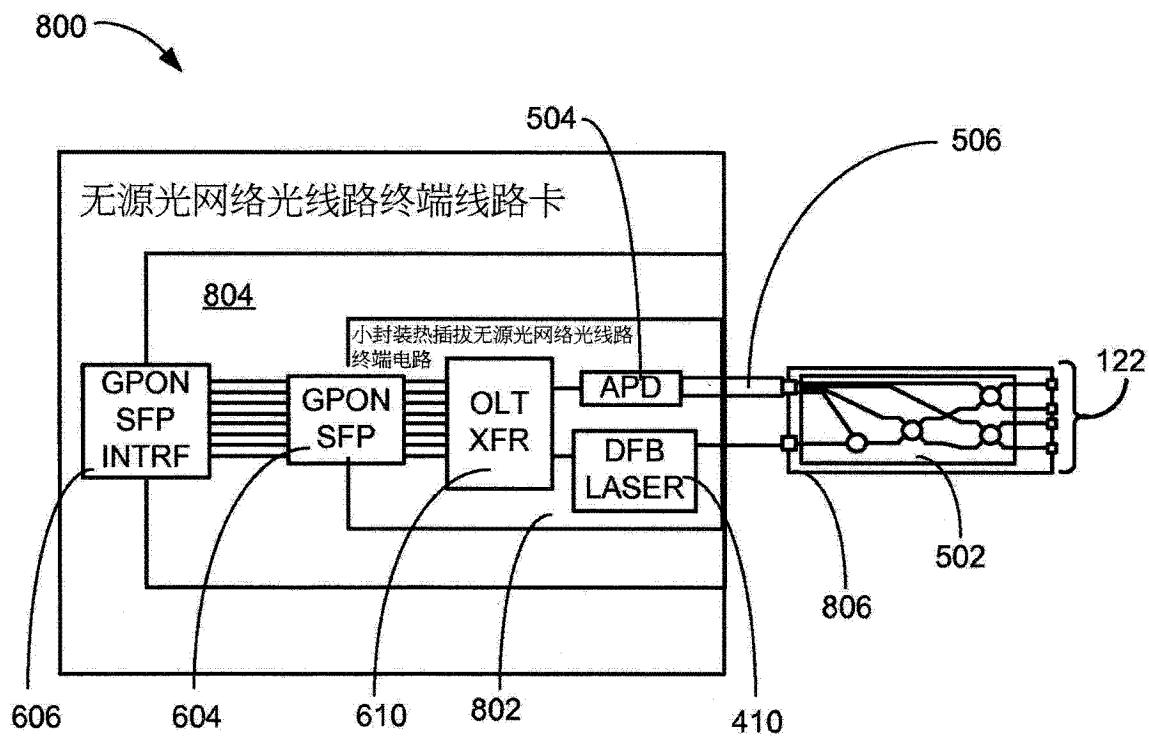


图 8

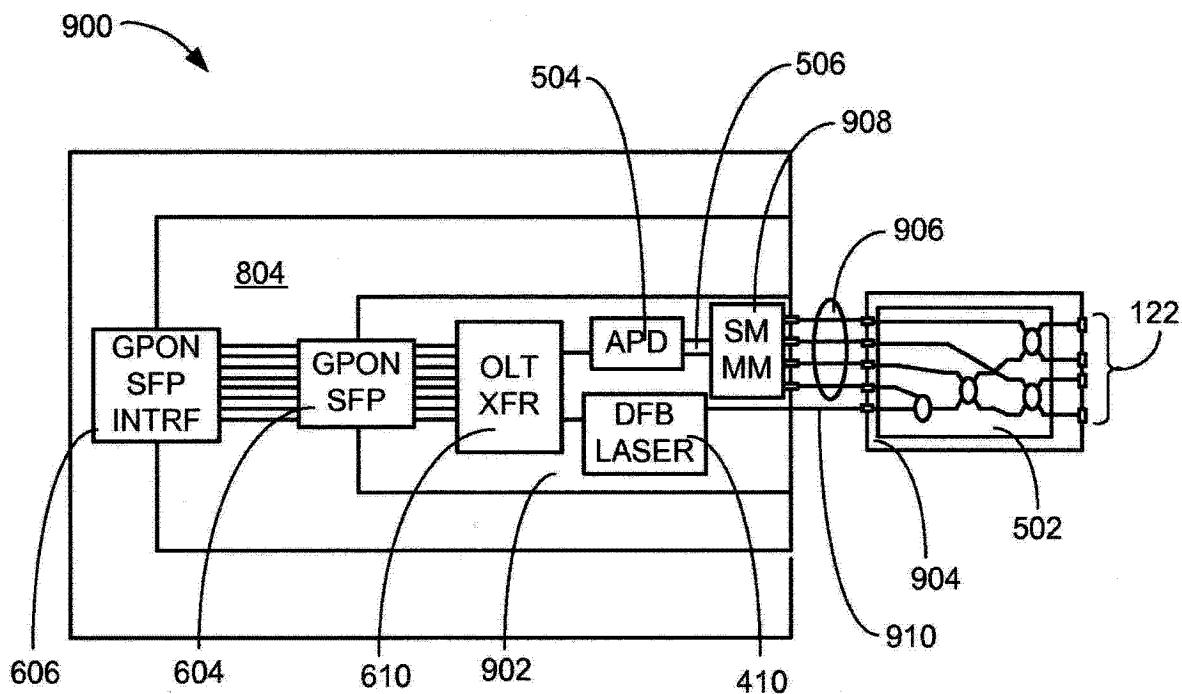


图 9

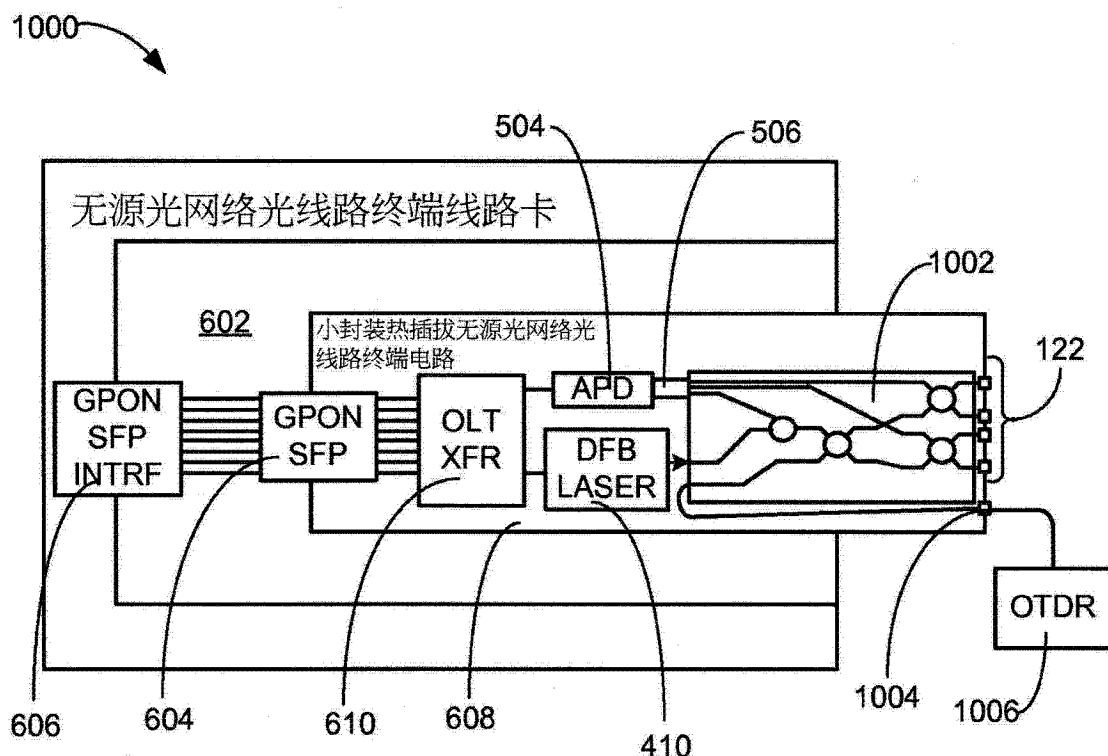


图 10

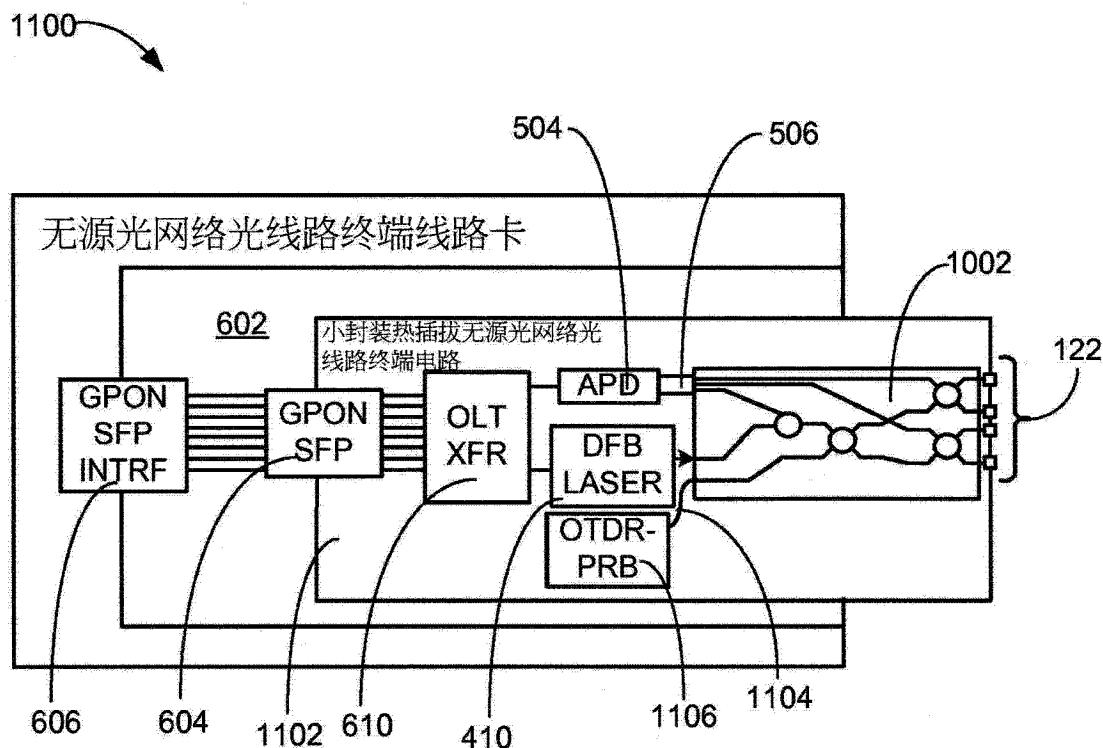


图 11

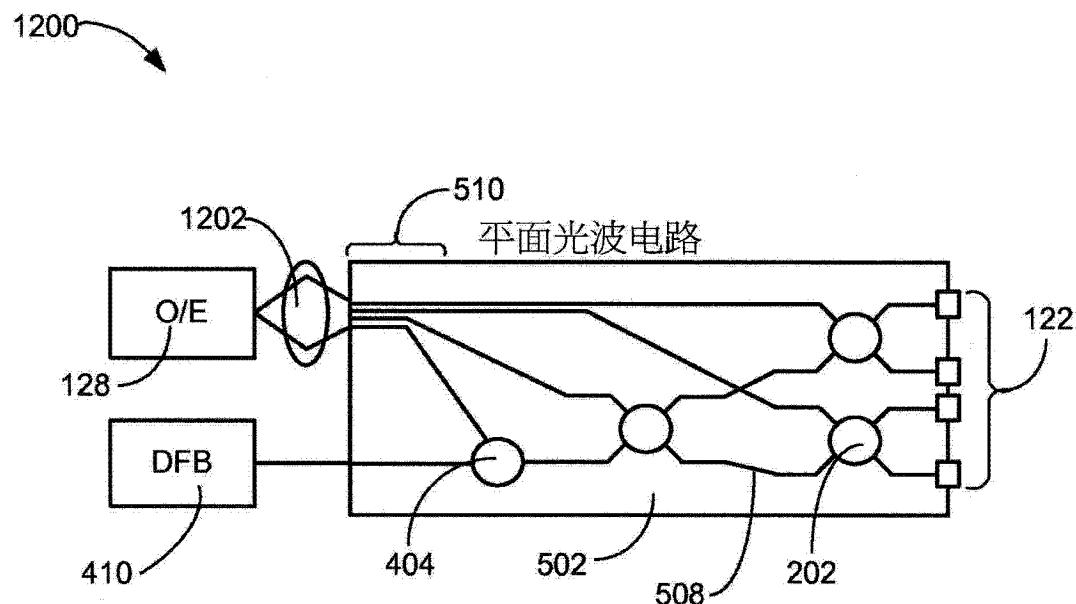


图 12

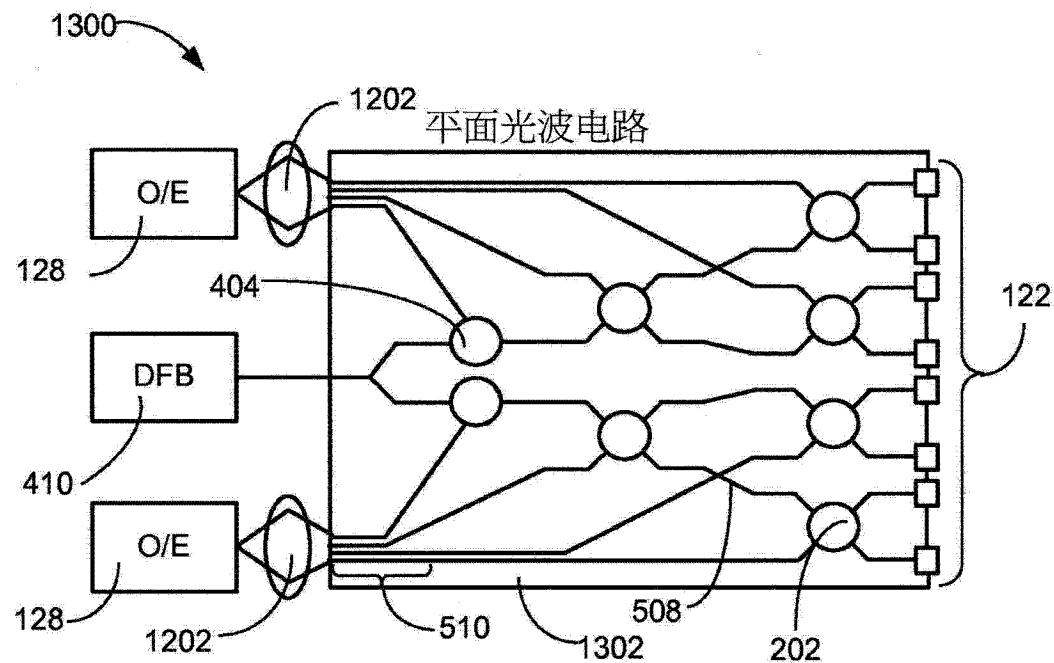


图 13

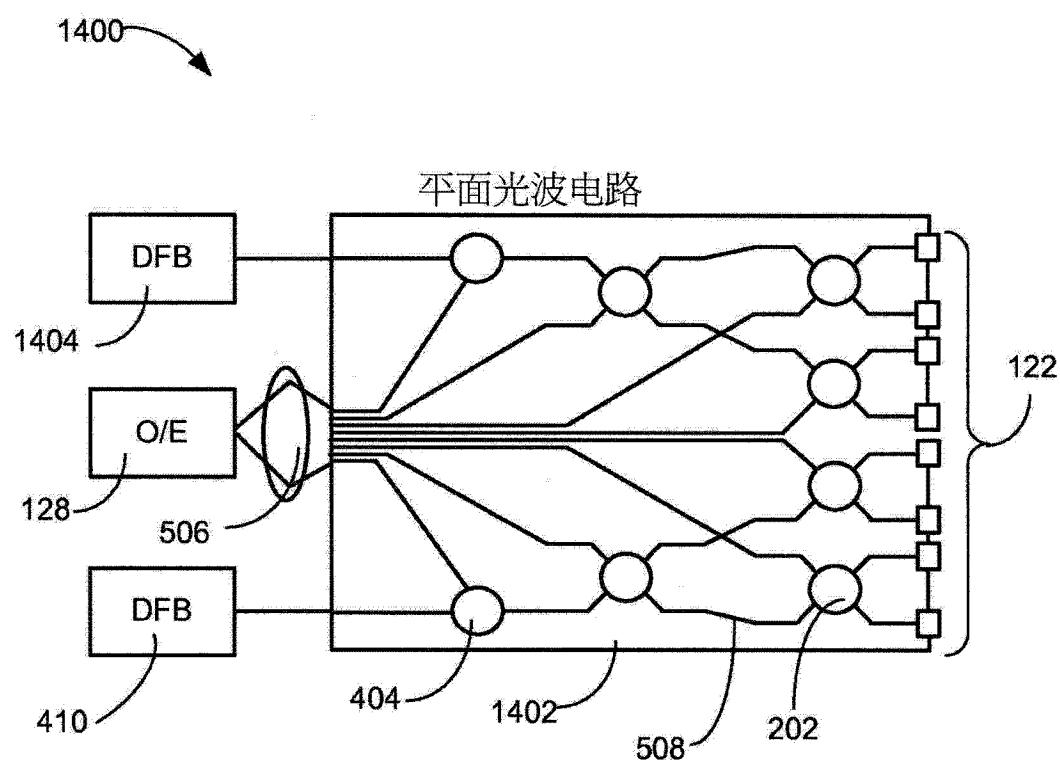


图 14

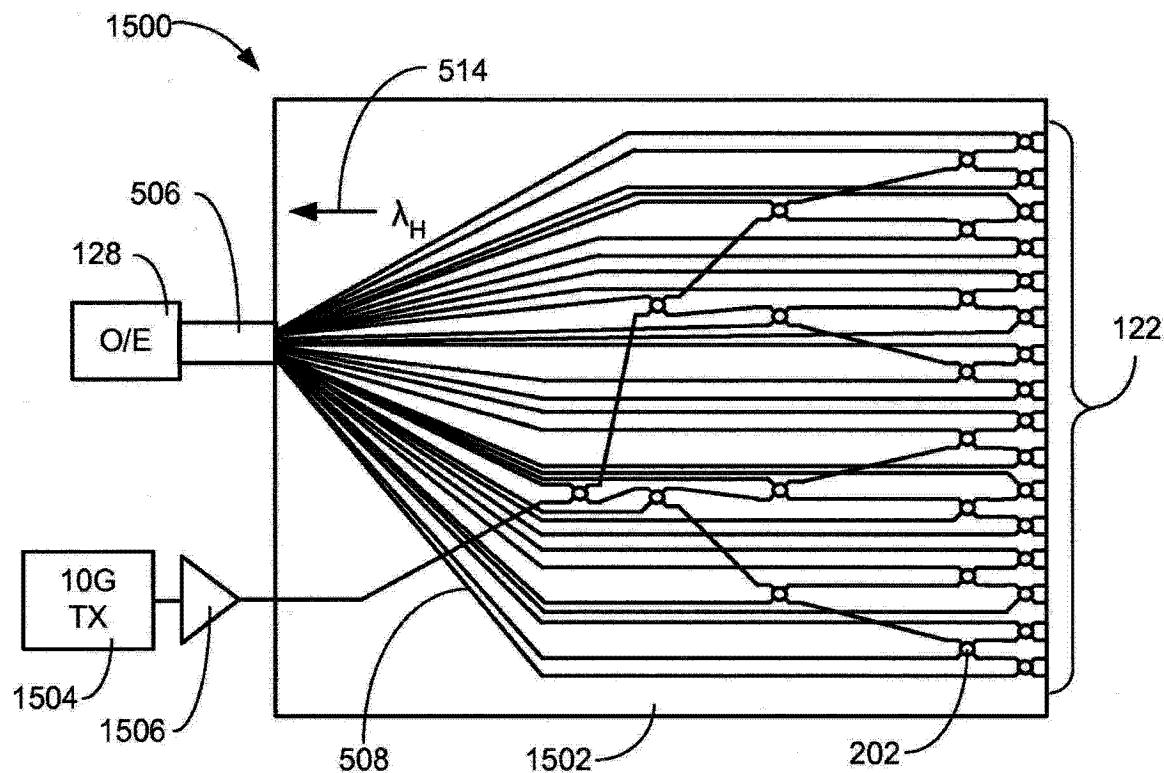


图 15

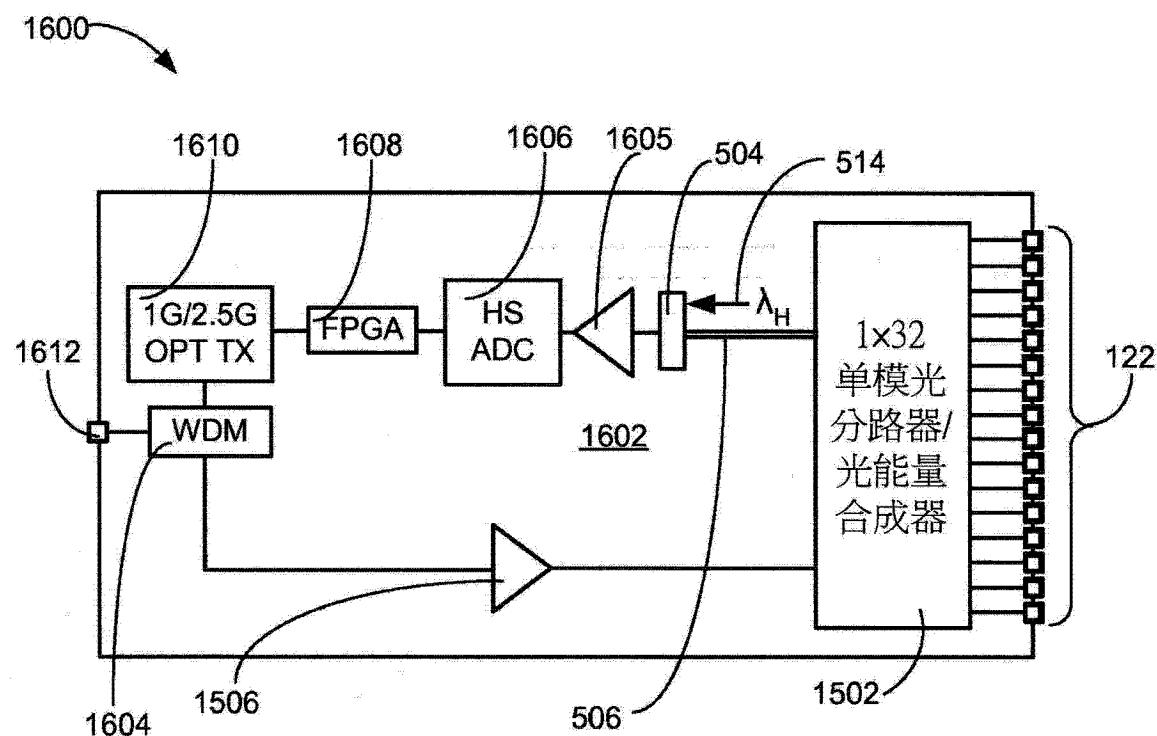


图 16

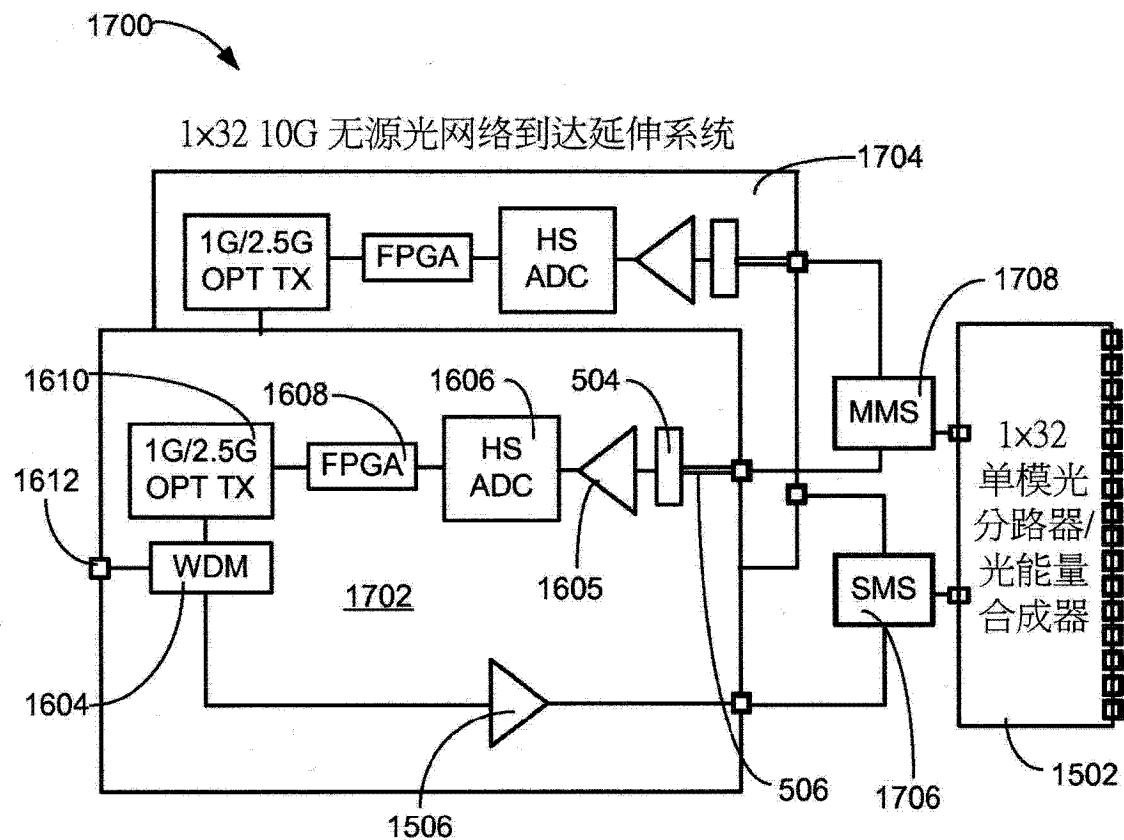


图 17

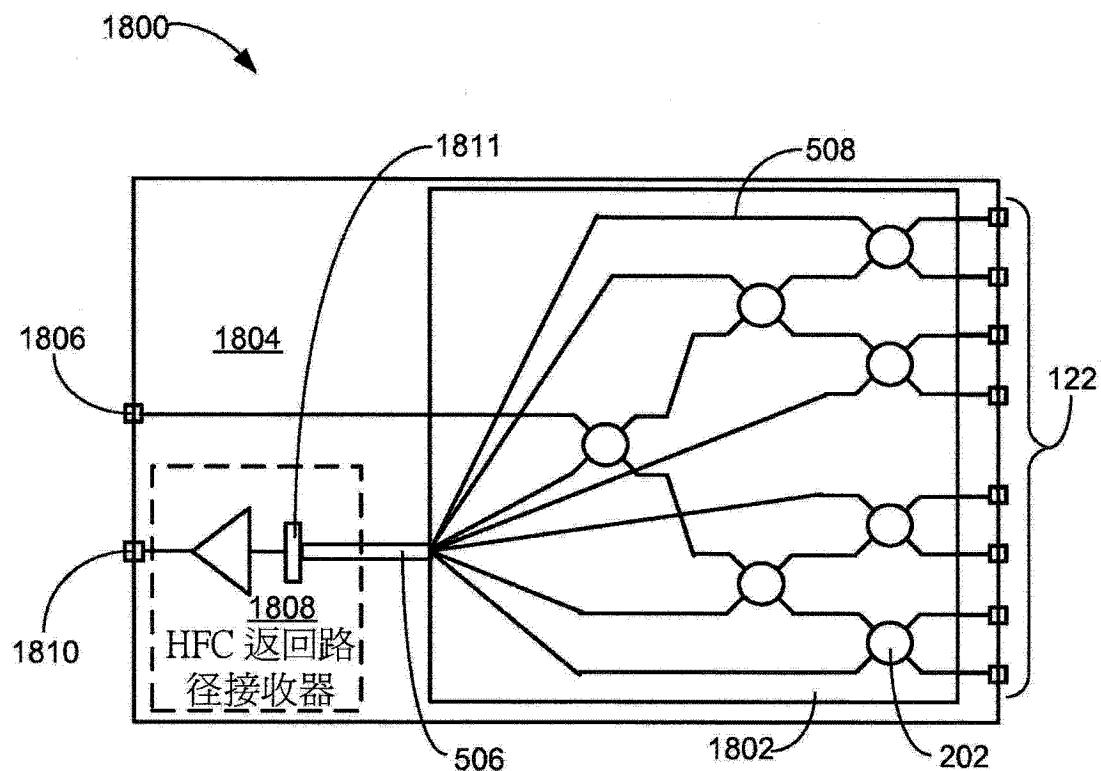


图 18

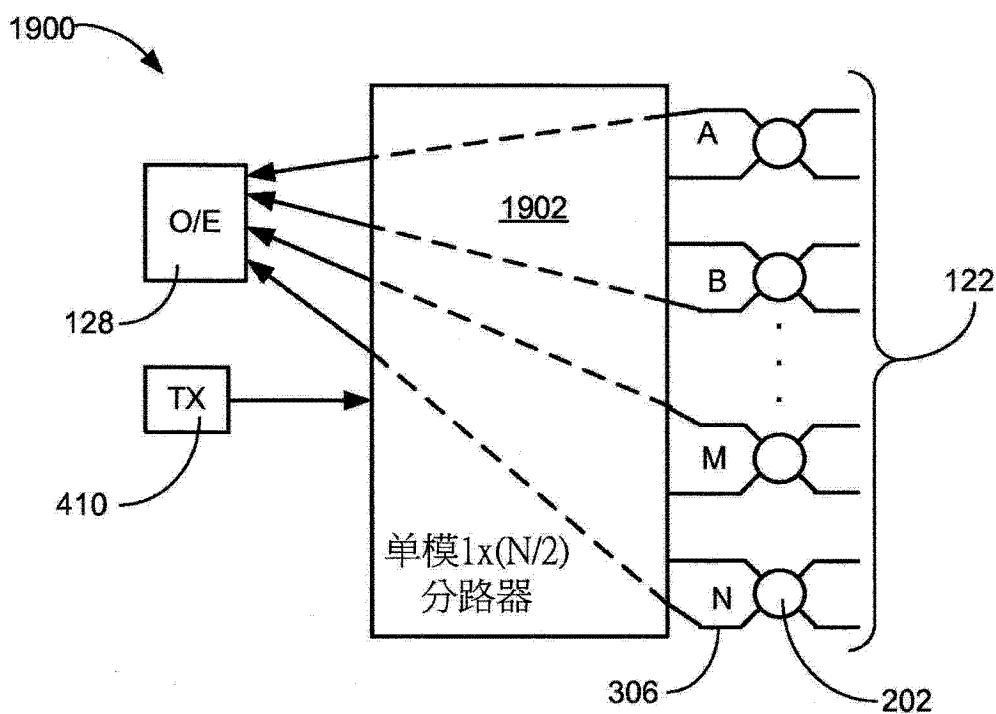


图 19

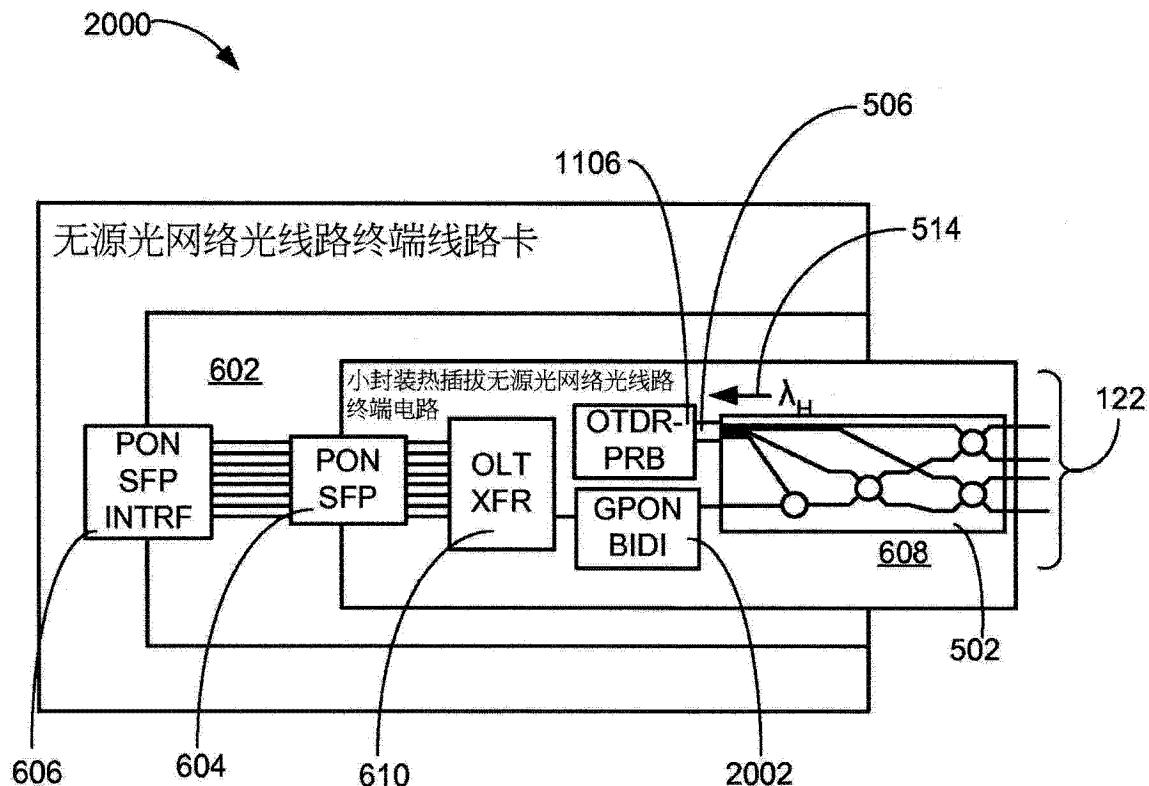


图 20

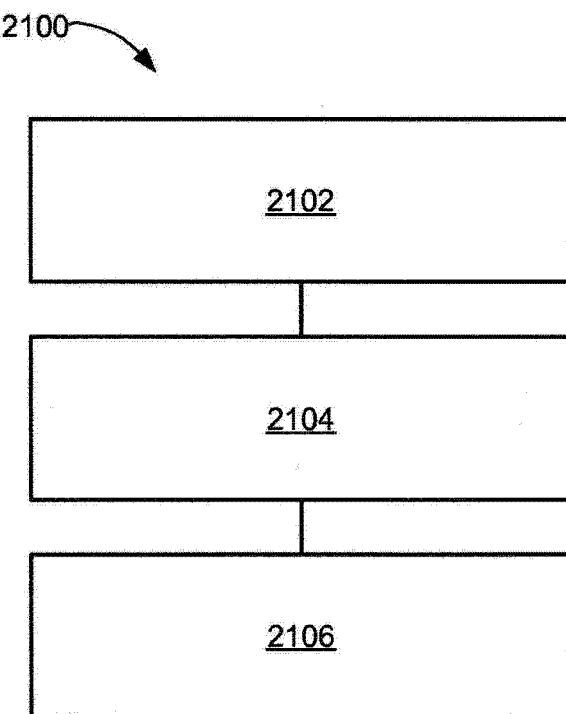


图 21