[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int.Cl[7]
H04J 14/02

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 00104170.3

[43]公开日 2000年9月27日

[11]公开号 CN 1267980A

[22]申请日 2000.3.21 [21]申请号 00104170.3

[30]优先权

[32]1999.3.22 [33]US [31]09/274,199

[71]申请人 朗迅科技公司

地址 美国新泽西州

[72]发明人 莫哈莫德·T·法特西

胡姆伯托·琼斯·拉·罗切

卡兹姆·A·索赫拉比

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

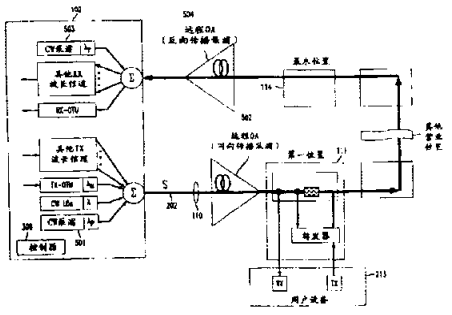
代理人 蒋世迅

权利要求书6页 说明书11页 附图页数10页

[54]发明名称 用于光接入环的波分复用系统

[57]摘要

一种波分复用(WDM)环结构,包括产生多个连续波(未调制)的光波长,这些光波长作为WDM信号,通过一种光学设施,送至系统的多个接入节点。在接入节点,一个或多个这些未调制的光波长,从通过该光学设施接收的WDM信号中被分用,又被用户或客户的信号调制,然后与该光学设施上的WDM信号复用。



ISSN1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种波分复用（WDM）环系统，包括通过一个光纤设施连接的一个中心节点和一个或多个接入节点，该系统还包括

在中心节点

一个发送机单元，发送多个未调制光波长，通过该设施送至至少一个接入节点，和

一个接收机单元，通过该设施从至少一个接入节点接收多个节点调制光波长，所述多个节点调制光波长，是由所述未调制的光波长，被所述至少一个接入节点调制而形成的；和

所述至少一个接入节点中的每一个，都包括

一个光学分/插复用器，用于接收至少一个所述未调制的光波长，还用于发送至少一个节点调制的光波长到该设施上，和

用于调制所述至少一个未调制的光波长的装置，形成被所述至少一个节点调制的光波长。

2. 按照权利要求 1 的波分复用（WDM）环系统，还包括

在中心节点

其中所述发送机单元，发送多个调制的光波长，通过该设施送至所述至少一个接入节点，和

所述至少一个接入节点中的每一个，都包括

接收并解调至少一个所述调制光波长的装置。

3. 按照权利要求 1 的系统，其中的中心节点还包括

一个控制器单元，用于分配未调制的光波长的第二数目的波长，还用于发出该分配的信令，通知所述至少一个接入节点。

4. 按照权利要求 3 的系统，其中的控制单元，还控制分配给每一个所述至少一个接入节点的未调制光波长的数目。

5. 按照权利要求 1 的系统，其中在中心节点的发送机单元，还包括

一个监控信号发送机，发出监控信号，通过该光纤设施，送至所

述至少一个接入节点。

6. 按照权利要求 5 的系统，其中的监控信号发送机，向系统的每一个接入节点发送一个专用的监控信号。

7. 按照权利要求 1 的系统，还包括

一个光放大器，与该设施连接，用于放大通过该设施传送的第一和第二组波长。

8. 按照权利要求 7 的系统，其中的光放大器，是由中心发送机单元远程泵浦的，且其中的

中心发送机单元还包括一个载波波长泵浦信号，它被送至该设施上，并被用来泵浦光放大器。

9. 按照权利要求 1 的系统，其中的至少一个接入节点包括

一个转发器单元，它又包含

一个电信号到光信号（E/O）的调制器，用于接收客户的电信号，并用于调制第二数目的未调制光波长的至少一个，然后把得到的节点调制波长通过该设施送出。

10. 按照权利要求 9 的系统，其中的 E/O 调制器包括一个干涉仪式耦合器，连接在 E/O 调制器的输出侧，用于形成节点调制信号，送至该设施的第一通道，同时，一个节点调制信号的互补信号则送至该设施的第二通道。

11. 按照权利要求 1 的系统，其中的至少一个接入节点包括

一个转发器单元，它又包含

一个光信号到光信号（O/O）的调制器，用于接收客户的光信号，并用于调制第二数目的未调制光波长的至少一个，然后把得到的节点调制波长通过该设施送出。

12. 按照权利要求 11 的系统，其中的 O/O 调制器包括一个 Mach-Zehnder 干涉仪。

13. 按照权利要求 11 的系统，其中的 O/O 调制器包括一个 Michelson 干涉仪。

14. 按照权利要求 11 的系统，其中的 O/O 调制器还包括一个干

涉仪式耦合器，连接在 E/O 调制器的输出侧，用于形成节点调制信号，送至该设施的第一通道，同时，一个节点调制信号的互补信号则送至该设施的第二通道。

15. 按照权利要求 1 的系统，其中所述至少一个接入节点中的至少一个节点，接收至少一个专用的未调制波长。

16. 按照权利要求 1 的系统，其中在一个节点上的所述光学分/插复用器的构成，要用到一个分出环行器来把输出的分出波长送至客户，多个光纤 Bragg 光栅（FBG）来在节点上选取分/插波长，以及一个插入环行器来输入客户的插入波长。

17. 一种波分复用（WDM）环系统，它包括通过一个光纤设施连接的一个中心节点和一个或多个接入节点，该系统还包括

在中心节点

一个发送机单元，发送第一组和第二组波长，通过该设施送至至少一个接入节点，所述第一组包含多个已调制的光波长，而所述第二组包含多个未调制的光波长，和

一个接收机单元，通过该设施从一个或多个接入节点，接收节点调制的光波长，所述第三组小于或等于第二组，所述第三组是已经被至少一个接入节点中的一个节点调制的未调制光波长；和

至少一个接入节点中的每一个，都包括

一个光学分/插复用器，用于

接收中心节点发送的、所述第一组的第一个数目的已调制光波长，并且接收中心节点发送的、所述第二组的第二个数目的未调制光波长，及

发送第二个数目的节点调制光波长，这些波长是接收的、发自中心节点的第二个数目的未调制光波长，被调制后形成的。

18. 一种控制波分复用（WDM）环系统的方法，该系统包括通过一个光纤设施连接的一个中心节点和一个或多个接入节点，该方法包括的步骤为

在中心节点，发送多个未调制光波长，通过该设施送至至少一个

接入节点。

在至少一个接入节点中的每一个，接收中心节点发送的未调制光波长，及

发送已调制的光波长，这些波长是接收的、发自中心节点的未调制光波长，被调制后形成的；

在中心节点，通过该设施接收发自一个或多个接入节点的调制的光波长。

19. 一种在波分复用（WDM）环系统中使用的中心节点，包括通过一个光纤设施连接的该中心节点和一个或多个接入节点，该中心节点包含

一个发送机单元，发送多个未调制光波长，通过该设施送至至少一个接入节点，和

一个接收机单元，通过该设施接收发自至少一个接入节点的多个节点调制光波长，所述多个节点调制光波长，是由所述未调制的光波长，被所述至少一个接入节点调制而形成的。

20. 按照权利要求 19 的中心节点，其中

所述发送机单元发送多个调制的光波长，通过该设施送至所述至少一个接入节点。

21. 按照权利要求 19 的中心节点，还包括

一个控制器单元，用于分配未调制的光波长，还用于发出该分配的信令，通知所述至少一个接入节点。

22. 按照权利要求 21 的中心节点，其中的控制器单元，还控制分配给每一个所述至少一个接入节点的未调制光波长的数目。

23. 按照权利要求 19 的中心节点，其中，在中心节点的发送机单元还包括

一个监控信号发送机，发送一个光监控信号，通过该光纤设施，送至所述至少一个接入节点。

24. 按照权利要求 23 的中心节点，其中的监控信号发送机，向系统的每一个接入节点发送一个专用的监控信号。

25. 按照权利要求 19 的中心节点，其中还包括

一个载波泵浦信号，送至该设施，并用于泵浦该设施的光放大器。

26. 在波分复用（WDM）环系统中使用的一个接入节点，包括通过一个光纤设施连接的一个中心节点和一个或多个接入节点，该接入节点还包含

一个光学分/插复用器，用于

从该中心节点接收未调制的光波长，和

发送被一个转发器单元形成的调制光波长；和

该转发器单元包含

一个调制器，它接收客户的信号，并调制该未调制的光波长，形成节点调制的光波长。

27. 按照权利要求 26 的接入节点，还包括

一种装置，它接收并解调通过该设施接收的、至少一个调制的光波长。

28. 按照权利要求 26 的接入节点，其中的转发器单元还包括

一个电信号到光信号（E/O）的调制器，用于接收客户的电信号，并用于调制至少一个第二数目的未调制光波长，然后把得到的节点调制波长通过该设施送出。

29. 按照权利要求 27 的接入节点，其中的 E/O 调制器包括一个干涉仪式耦合器，连接在 E/O 调制器的输出侧，用于形成节点调制信号，送至该设施的第一通道，同时，一个节点调制信号的互补信号则送至该设施的第二通道。

30. 按照权利要求 27 的接入节点，其中的转发器单元还包括

一个光信号到光信号（O/O）的调制器，用于接收客户的光信号，并用于调制至少一个未调制的光波长，然后把得到的节点调制波长通过该设施送出。

31. 按照权利要求 30 的接入节点，其中的 O/O 调制器包括一个 Mach-Zehnder 干涉仪。

32. 按照权利要求 30 的接入节点，其中的 O/O 调制器包括一个

Michelson 干涉仪。

33. 按照权利要求 30 的接入节点，其中的 O/O 调制器还包括一个干涉仪式耦合器，连接在 E/O 调制器的输出侧，用于形成节点调制信号，送至该设施的第一通道，同时，一个节点调制信号的互补信号则送至该设施的第二通道。

说　　明　　书

用于光接入环的波分复用系统

本发明涉及波分复用（WDM）系统，更具体说，是涉及 WDM 光接入环的一种方法和装置。

高密度波分复用（DWDM）光传输技术使通信工业发生革命。随着宽带光纤光放大器的发明，目前的 DWDM 光传输系统，能够在远程网络中，在数百公里的单对光纤上，提供超过数百 Gb/s 的容量。现在，DWDM 的革命又从远程网络推广至短程行业，如城市局间（也叫 IOF）和城市接入网络。还有，电话公司承受着强烈且持续增长的对宽带的要求，这一事实也促进 WDM 的革命。今天的客户要求更便宜的声讯服务和不断增长的各种数据服务，其中包括传真，数据，视频，和互连网等服务。有三个基本动机，要把 WDM（包括 DWDM）网络推广到短程网络。这三个基本动机是（1）直接在一个波长上配置分组传送或按单元传送的传送效率，（2）减少/消除时分复用（TDM）光信号设备，和（3）向用户提供更宽的带宽。

现在需要的是一种网络结构，它能在短程网络或环中充分利用 WDM 的巨大容量。目标是，要求 WDM 网络提供从远程网络到城域网络、到接入网络、并最终到用户卓面的毫不间断的连接能力。

把波分复用（WDM）的容量推广到短程网络，问题之一是，在环境条件千变万化的远程接入节点上，提供精确的、成本效果好的激光器。按照本发明的方法和装置，我们已开发了一种 WDM 环结构，其中，在中心节点产生的多个光载波（未调制）波长，作为 WDM 信号，通过一种光学设施，传送至系统的远程接入节点。在接入节点，一个或多个这些未调制的光波波长，从通过该光学设施接收的 WDM 信号中被分用，并以用户或客户的信号加以调制，然后再与该光学设施上的 WDM 信号复用。

在我们的发明的一个实施例中，波分复用（WDM）环系统包括通

过一个光纤设施连接的一个中心节点和一个或多个接入节点。在中心节点，一个发送机单元，发出多个未调制光波长，通过该设施送至不少于一个接入节点，还有一个接收机单元，通过该光学设施，接收来自接入节点的多个被节点调制的光波长，这些多个被节点调制的光波长，是未调制的波长被不少于一个的接入节点之一调制而得到的。不少于一个的接入节点的每一个，都包括（1）一个光学分/插复用器，用于接收中心节点传送的、所述第一组未调制的光波长中不少于一个光波长，同时也用于发送经过不少于一个节点调制的光波长，和（2）一个调制器，用于调制该不少于一个的节点调制的光波长，以形成该不少于一个的节点的调制光波长。

按照我们的发明的别的方面，中心节点还（1）接收来自该 WDM 环系统之外的已调制的光波长并把它们传送至接入节点，（2）产生一个监控信号，也一并送至接入节点，以及（3）产生光泵浦信号，泵浦该光学设施的光放大器。按照另一个特性，中心节点包括一个控制器，用于控制分配给本系统使用的、未调制的光波长的波长及其数目。接入节点也可以包括一个转发器，它由各种电/光或光/光调制器构成，分别用客户电的和光的信号对未调制的光波长进行调制。中心节点和接入节点可以用各种光学分/插复用器（OADM）构成。

各图中，

图 1 画出波分复用（WDM）系统的示意方框图，该系统包括一个 WDM 接入环，在说明本发明的工作原理时要用到；

图 2 是个示意方框图，画出现有技术的中枢节点和含有多个接入节点的 WDM 接入环；

图 3 是个示意方框图，画出按照本发明的中枢节点和含有多个接入节点的 WDM 接入环；

图 4 画出图 3 中接入节点更详细的方框图，给出如何接入该 WDM 接入环的业务通道和保护通道；

图 5 按照本发明，画出一个有放大的 WDM 接入环的示意方框图，该接入环包含以中枢为基地的泵浦；

图 6 示意性地画出现有技术的一个电/光转发器实施例;

图 7 示意性地画出现有技术的一个光/光转发器实施例;

图 8 示意性地画出现有技术的一个光/光转发器第二个实施例;

图 9 示意性地画出现有技术的可编程光学分/插复用器（OADM）;

图 10 按照本发明，画出一个有互补输出的电/光转发器的示例性实施例;

图 11 按照本发明，画出有互补输出的光/光转发器的第一和第二个示例性实施例;

图 12 按照本发明，画出第三个有互补输出的光/光转发器的示例性实施例;

下面说明中，在不同的图内，相同的元件标记表示相同的元件。还有，在元件的标记内，第一个数字指该元件第一次出现的图号（如 109 表示在图 1 中第一次出现）。

参考图 1，图上画出一个典型城域光网络（MAN）的示意方框图，它在说明本发明的工作原理时要用到。如图 1 所示，MAN 包括一个高容量干线 DWDM 环 101（亦称为城市局间（IOF）环），它把市内业务局（LSO）102－106 与业务节点（SN）107 互连。LSO 102－106 通常就是电话公司的中心局。SN 107 把 IOF 环 101 连接到 DWDM 远程（核心）网络 108。显然，给定足够的波长数目和允许波长的再使用，城域 IOF 环能在所有 LSO 间提供完全的网络型连接。一个城域接入环或环路 110 把多个接入终端（A1－An）111－114 连接到 IOF 环 101。接入环 110 从与接入终端 111－114 连接的用户收集通信业务，并把通信业务分配给这些用户。在现有技术中，接入环 110 通常是 SONET（同步光网络）环，它使用时分复用（TDM）光信令。虽然这种 SONET 环工作得很好，但如前所述，强烈且持续增长的对带宽的要求，已经超出 SONET 的容量。因此，要求把容量巨大又与协议无关的 WDM，在最低费用限度内，推广至这些短程环网络，以便提供从远程网络到城域网络、到接入网络、并最终到用户卓面的毫不间断的连接能力。此外，也要求提供一种技术，它更适于处理这种新的

业务，如与互连网的连接能力。

按照本发明的方法和装置，我们已经开发了一种低成本的 WDM 接入环 110，它能把光波长信号伸延至用户位置 111－113，从而避免了电信号处理的瓶颈效应，并解决了光纤耗尽问题。本说明中，WDM 一词可与 DWDM 交换使用。按照本发明的方法和装置，我们已经开发了一种 WDM 环结构，其中，在中心节点（LSO）产生的多个未调制的光波长，通过一种光学设施，被送至系统的远程接入节点。在接入节点（或终端），可以从该光学设施获得一个或多个未调制的光波长，用用户的电/光信号加以调制，然后通过该光学设施送出。

图 2 画出现有技术的中枢节点 LSO－1，102（此后称为 LSO 102）和 WDM 接入环 110 的示意方框图。图示的 LSO 102 包括一业务（S）通道单元 102－1 和一保护（P）通道单元 102－2，每一个都包括一个光学分/插复用器（OADM）201，以便把适当的波长耦合进 IOF 环 101 的 WDM 信号中去，或从 IOF 环 101 的 WDM 信号中把适当的波长耦合出来。注意，SONET 把所有的分/插时隙都安排在同一波长上，而 WDM 环则在接入节点上安排多个分/插波长。因此，图 2 现有技术的 WDM 配置，分别包括一个发送的光变换器单元（TX－OTU）208 和一个接收的光变换器单元（RX－OTU）209，把分/插波长变换为或转换为该 WDM 装置使用的、选出的调制波长 λ_N。对其他分/插波长进行变换的 TX－和 RX－OTU，在图上分别记为 204 和 205。波长复用器 206 把要在接入环 110 传送的各种波长组合起来。分用器 207 把在接入环 110 上各种波长分开。

IOF 环 110 是典型的两光纤环或四光纤环，它提供连接到接入节点或终端 111－114 的一条业务（S）通道和一条保护（P）通道。保护通道 203 以熟知的方式，在环 110 内出现节点故障或光纤断开事故时，提供另一条连接通道。如图所示，在现有技术中，接入终端 111 包括一个光学分/插复用器（OADM）单元 210，该单元 210 又包括两个 OADM 221 和 222，以及 RX－OTU 211 和 TX－OTU 212。转接单元 218 能根据信号质量，把 RX－OTU 211 或者连接到业务通道 202，或

者连接到保护通道 203。用 RX－OTU 211 把调制了的分出波长 213（或从业务环 202 获得，或从保护环 203 获得）变换为一个非应允光信号 214，供用户或客户的设备 217 使用。例如，用户的非应允光信号 214，可以是不同于分出波长 213 的一个被调制的波长（如用于短距离光学系统的 1.3μm 波长），可以是与分出波长 213 相同的波长但欠稳定，或者甚至可以是调制的发光二极管（LED）信号。用 TX－OTU 212，把供用户或客户设备 217 使用的非应允光信号 216，变换到调制的插入波长 215，以便插入接入环 110 的业务环 202 和保护环 203。

图 3 是个示意方框图，画出按照本发明的、与 WDM 接入环 110 连接的中枢（或中心）节点。对照图 2 和图 3，可以比较出现有技术装置与本发明的差别。图 2 和图 3 的主要差别是，在图 2，在接入终端 111 的 TX－OTU 212，使用的光波长 λ_N 是在接入终端 111 产生的，而在图 3，一个连续波 CW（未调制的）的光波长 λ_N，是在中枢节点 102 用一个激光器单元 CW LD 301 产生，通过光纤通道 202 提供的。类似地，接入环 110 使用的另一个 CW 波长，是由激光器单元 302 产生的。激光器 301－302 产生的 CW 波长，未经调制便被送至接入终端 111－114，在接入终端 111－114，用用户提供的信号对它们进行调制，然后送至并被 RX－OTU 209，205 接收。此外，也可以向每一个接入终端 111－114 提供一个或多个专用波长。由激光器 301－302 产生的 CW 波长应不同于 TX－OTU 202，204 向接入终端 111－114 传送数据所用的分出波长。这些 CW 波长，在复用器 206 内与来自 TX－OTU 202，204 的分出波长组合，然后送至接入环 110。

在中枢（hub）102，按 102－1 设备复制的类似的一套设备 120－2，为保护环 203 提供源信号和所有 CW 信号。

运行时，接入终端 111－114 的每一个，接收被分配给它的一个或多个专用调制波长和被分配给它的一个或多个 CW 波长信号。转接单元 318 和 319 能根据信号质量，分别把 RX－OTU 211 和转发器 312，或者连接到业务通道 202，或者连接到保护通道 203。正如图 2 所说明的，调制的信号 314 在分光器 320 内被分光（桥接），并插入业务通道

202 和保护通道 203 两者之内。根据我们的发明的一种性能，调制的光波长信号，是直接输出至用户的接收器（RX）310，供其解调。调制的光波长信号也可以由 RX－OTU 211 解调，变为电信号 315，输出到用户的接收器（RX）310。CW 波长 313 被 OADM 210 从接入环 110 分用出来。然后，在转发器 312，CW 波长 313 被用户设备的发送机（TX）311 送来的用户发送信号 316 所调制，经过调制的信号 314 被送至接入环 110 的业务通道和/或保护通道。因为接入终端 111－114 的每一个都使用专用波长，它们不会相互干涉。注意，当需要在同一环内进行接入终端之间的通信时，监控信道通知接收方终端，在其接收波长表（在其 OADM）中添加发送方终端的波长。

参考图 4，图上画出节点 111 的转接单元 318 和 319 及分光器 320 的简图。转接单元 318 包括一个 1×2 光选择器开关，它根据信号质量，即功率电平，有选择地从业务通道 202 或从保护通道 203 分出波长，送至用户设备 217。转接单元 319 包括一个 1×2 光选择器开关，它根据信号功率电平，从业务通道 202 或从保护通道 203 选取 CW 波长信号，供转发器 312 使用。如在图 2 所说明的，分光器 320 把调制信号 314 分光（桥接），然后插入业务通道 202 和保护通道 203 两者之中。或者，可以把单元 320 用作一个 1×2 选择器开关，把调制信号 314 或转接至业务通道 202 或转接至保护通道 203。虽然使用选择器开关节省 3dB 功率，但增加了复杂性，当调制信号需要在业务通道 202 和保护通道 203 之间转接时，还可能牺牲转接速度和重新配置速度。不论在环中什么地方出现故障，需要保护转接时，将根据中枢 102 上的系统控制器 300 送来的控制信号，进行通道选择。

按照我们发明的另一个方面，一个发自监控信号单元 303 的独立监控信令波长，可以用来向每个接入终端 111－114 提供监控信令。或者，可以用一个公共波长把公共的监控信令广播到所有接入终端 111－114。在这种配置下，可以用副载波和/或消息寻址，把专门的监控信号信息载运至每个接入终端。注意，监控信号波长必须不同于 TX－OTU 202，204 的调制波长和激光器 301，302 的载波（未调制）波长。

在我们的发明的另一个实施例里，每个波长可以为每个接入终端携带一个标识符。

本发明的另一个特征，可以使控制器 300 控制 CW 激光器 301 和 302 产生的波长数目和波长的分配。据此，控制器保证了 CW 波长不同于 TX－OTU 202，204 所用波长和监控单元 303 的监控波长。此外，控制器 300 通过监控单元 303 的监控信号，发出信令，分配每个接入终端 111－114 的波长数目和波长频率。据此，控制器 300 对图 3 系统所使用的一切波长，提供波长分配的动态控制。控制器 300 还可以与 IOF 环 101 的其他 LSO 单元 102－106 通信，或与集中式网络的运行控制器通信，以协调图 3 系统使用的波长的分配。

按照我们发明的另一个方面，图 5 画出一个有放大的 WDM 接入环的示意方框图，该接入环包括以中枢为基地的光泵浦。因为接入环 110 是一个短程环路，还因为接入终端 111－114 的数目并不大，所以有可能在中枢 102 上提供足够的光功率，保证整个接入环 110 有需要的信噪比和其他运行特性。另一方面，如果需要光学增益时，可以用掺铒光纤（EDF）或掺其他稀土元素的光纤或 Raman 光放大器 502 和 504，提供必要的附加光信号增益，补偿接入环 110 的业务通道 S 上的信号损耗。在中枢 102 的位置上，用一个 CW 泵浦 501 同向传播地泵浦（为之提供光功率）放在第一个终端位置 111 之前的 EDF 或 Raman 光放大器 502。在中枢 102 的位置上，用一个 CW 泵浦 503 反向传播地泵浦(为之提供光功率)放在最末终端位置 114 之后的 EDF 或 Raman 光放大器 504。显然，可以用 CW 泵浦 501 和 503，为接入环 110 的保护通道 P（未画出）的 EDF 或 Raman 光放大器提供功率。

图 6 示意性地画出一个电信号到光信号（E/O）的调制器的实施例，它在接入终端用作图 3 的转发器 312，它利用用户的电发送信号来调制 CW 信号。该 E/O 调制器 601 可以是，举例说，一个熟知的电吸收调制器，一个 Mach-Zehnder 调制器，等等。一个示例性 E/O 调制器在下述论文中有描述：B.Mikkelsen 等“Opto-electronic and all-optical wavelength translators and their cascadability”，Proc. Of

OFC/IOOC'99, 特邀论文 FJ1, San Diego, 1999 年 2 月。但此文假定有一个本机激光器光源为调制器提供 CW 信号。在我们的发明中，CW 激光器位于中枢 102。运行时，CW 信号 313 进入 E/O 调制器 601，并按熟知的方式，被用户发送的电信号 316 调制，形成适当（被分配的）波长的、被调制的用户发送信号 314。

图 7 示意性地画出一个光信号到光信号（O/O）的调制器的实施例，它用作图 3 的转发器 312，它利用用户的光发送信号来调制 CW 信号。O/O 调制器 701，举例说，可以按熟知的方法，用一个 Mach-Zehnder 干涉仪（MZI）实现，它是用硅光学放大器（SOA）类型的光学正交相位调制器器件构成的。O/O 调制器 701 包括两个 SOA 702 和 703，以保持 Mach-Zehnder 干涉仪内的平衡。一个示例性的 O/O 调制器在上面参考的 Mikkelsen 等人的论文中也有描述。运行时，CW 信号 313 进入 O/O 调制器 701，在 SOA 702 上，被用户或客户的调制光发送信号 316 调制，形成调制的 CW 信号 314。用户的调制光信号的波长频率，一般是一个非应允的光信号。例如，非应允光信号 316 是一个调制的光信号，其波长可以不同于 CW 信号 313，可以与 CW 光信号 313 同一波长但欠稳定，或可以是一个被调制的发光信号（LED）。SOA 702 按熟知的方式，把调制从客户的非应允光信号 316 转移至 CW 信号 313，形成调制的 CW 信号 314。

按照图 7 所示另一个实施例，客户的调制光发送信号，是以反向传播方式经过通道 316'（虚线通道），在调制器 701 的输出侧，施加于干涉仪的一个支路上。此实施例的优点在于，任何在客户的调制光信号上的残留信号，都不会被引导至输出口 314。此实施例的其余运行方式，与上一段所描述的相同。

图 8 示意性地画出另一个光信号到光信号（O/O）的调制器的实施例，它用作图 3 的转发器 312，它利用用户或客户的光发送信号来调制 CW 信号。转发器 312 包括 O/O 调制器 801 和环行器 802。O/O 调制器 801，举例说，可以是一个熟知的、上面参考的 Mikkelsen 等人论文中描述的光学 Michelson 干涉仪。CW 信号 313 进入环行器 802

的口 803，从口 804 退出，到达干涉仪 801，并被客户的调制光发送信号 316 调制，形成调制的 CW 信号。调制的 CW 信号离开干涉仪 801，进入环行器 802 的口 804，然后作为一个调制的 CW 信号 314，从环行器 802 的口 805 退出。重复一遍，用户的调制光信号 316 的波长，可以是一个非应允光信号。

在中枢节点（hub node）（LSO 102）用作 OADM 201，和在接入终端如 111 用作 OADM 210 的光学分/插复用器（OADM），是城域光网络的关键部件。构作 OADM 有若干技术/结构可供选择，下面将描述两个例子。

第一个例子以背对背的复用为基础，其中，所有波长被分用，分开，然后再复用在一起。除去复用/分用操作损耗必须用外部光放大器补偿之外，如果直达的波长信道（也称为“直通”或“通过”通道）在每个中枢节点（LSO）都要分用又再组合，那么还有其他使信号恶化的损害。如滤波器带宽变窄、和多通道干涉等损害，必须在设计中加以特别考虑。第二个例子提供构作 OADM 的一种有效方法，它只对分/插信道作必要的接入，而对直达波长没有明显作用（除插入损耗外）。它要求可调谐/可转接的滤波器只对本机分/插信道进行分用操作。

图 9 画出一个 OADM，它用只对本机插入信道进行分用操作的可调谐/可转接的滤波器。这样一种 OADM，在 C.R.Giles and V. Mizrahi，“Low loss ADM for DWDM Lightwave Networks，”IOOC “95, Paper ThC2-1. 的论文中有描述。如图 9 所示，若干个可调谐（或可转接）光纤 Bragg 光栅（FBG）901 夹在两个光环行器 902、903 之间。对需要插入或分出的（在 WDM 信号中一套波长的）每个波长，至少要用一个 FBG 光栅 901。各个 FBG 901 以很小的损耗，反射分/插波长并让直达（或直通）波长通过。被反射（分出）波长在环行器 902 的口 3 分出，还需进一步在分用器 906 内分离，馈送至接收电路如 RX－OTU 211，或图 3 的转发器 312。该“插入”波长在复用器或组合器内组合，并在环行器 903 的“插入”口 3 插入。插入的波长被适当波长的光栅 FBG 901 反射，并从环行器 903 的口 2 退出。已经有人提出这种基本

结构的若干种变化，把串行或并行的 FBG 用于 OADM 和用于光交叉连接（如见论文 Chen, Y. K.,等，“Fiber Bragg Grating-Based Large Nonblocking Multiwavelength Cross-Connects,” Jour. Lightwave Tech., Vol. 16, No. 10, pp. 1746-1755, Oct. 1998）。

如在图 3 和图 4 参照分光器 320 所作的讨论，节点 111 调制的信号 314，必须分光（或用某些方法复制）并插入业务通道 202 和保护通道 203 两者上。如果不得已把 3dB 分光器用于此用途，则将对这一信号分光有 3dB 的功率代价。已经指出，可以用一个 1×2 开关有选择地把信号或插入业务通道 202，或插入保护通道 203，但遗憾的是，这种做法会增加控制的复杂性。

按照本发明，图 10 画出一个带有互补输出的电/光转发器 1001。该转发器 1001 在原理上是前面所说的转发器 312 和分光器 320 的组合。转发器 1001 完成功率分光但没有分光器 320 的 3dB 代价。转发器 1001 的构成，是用一个干涉仪式 3dB（50/50）耦合器 1002，作为组合器/分光器，放在图 6 调制器 601 的输出侧，形成一个双输出调制器器件 1003。注意，调制器 601 的组合器元件，与分光器结合，形成一个单个的 2×2 组合器/分光器元件 1002。其第一输出 322，λ_{out}，是客户的调制信号 314，但在 CW 波长上，而第二输出 321 是在 CW 波长上的、客户的调制信号的二进制（逻辑）互补。利用这种配置，当客户的信号 316 为 OFF（二进制零）时，CW 信号 313 的能量（在包层内）不会有损失，换言之，这一能量出现在第二输出 321 上。

当然，经过业务通道 202 到达中枢节点 102 的客户的调制信号 322，代表客户的“真”（数字的）信号 316，同时，经过保护通道 203 到达中枢节点的客户的调制信号 321，代表客户信号 316 的互补信号。在美国专利 No.4,878,726, 1989 年 11 月授权给 M. T. Fatehi 的专利中，披露了一种系统，它在两个不同的光通道（即我们的业务通道和保护通道）上传送真信号和互补信号，还披露了一种接收机，它可以选取真信号，也可以选取互补信号来检索调制的（即客户的）信号。此装置可以用于中枢节点 102 上的接收机（如 203，205），以便选取或真

信号，或互补信号，把信号解调，恢复客户的信号 316。

图 11 按照本发明，画出带有互补输出的光/光（O/O）转发器 1101 的第一和第二示例性实施例。该转发器 1101 在原理上是前面所说的 O/O 调制器 701 型转发器 312 和分光器 320 的组合。转发器 1101 完成功率分光但没有分光器 320 的 3dB 代价。转发器 1101 的构成，要用到一个干涉仪式 3dB（50/50）耦合器 1002，作为组合器/分光器元件，放在图 7 的 O/O 调制器 701 的输出侧，形成一个双输出调制器器件 1102。

在另一种设备中，客户的调制的光发送信号，沿传播的反方向经通道 316'（虚线通道），在调制器 701 的输出侧，施加于干涉仪的一个支路上。此实施例的优点在于，任何在客户的调制光信号上的残留信号，都不会被引导至输出口 314。此实施例的其余运行方式，与上一段所描述的相同。

图 12 按照本发明，画出带有互补输出、又没有分光器 320 的 3dB 代价的、第三个光/光（O/O）转发器 1201 的示例性实施例。转发器 1201 是前面所说的 O/O 调制器 801 型转发器 312、分光器 320、和环行器 802 的组合。双输出调制器器件 1202，是由前述 O/O 调制器 801 和分光器 320 组合而成，其中，一个干涉仪式 3dB（50/50）耦合器 1002，既被用作 O/O 调制器 801 输出侧的组合器元件，也用作分光器 320 的组合器元件。客户的调制信号 322，如图所示，从器件 1202 的第一输出退出，经通道 1203，传播至环行器 802，然后退出环行器 802。互补的客户的调制信号 321，从器件 1202 的第二输出退出。

前面的说明，仅仅示例性地表明本发明原理的应用。业内精明人士，能够在不偏离本发明的精神实质和涵盖范围下，策划出其他的方法和装置。

图 1

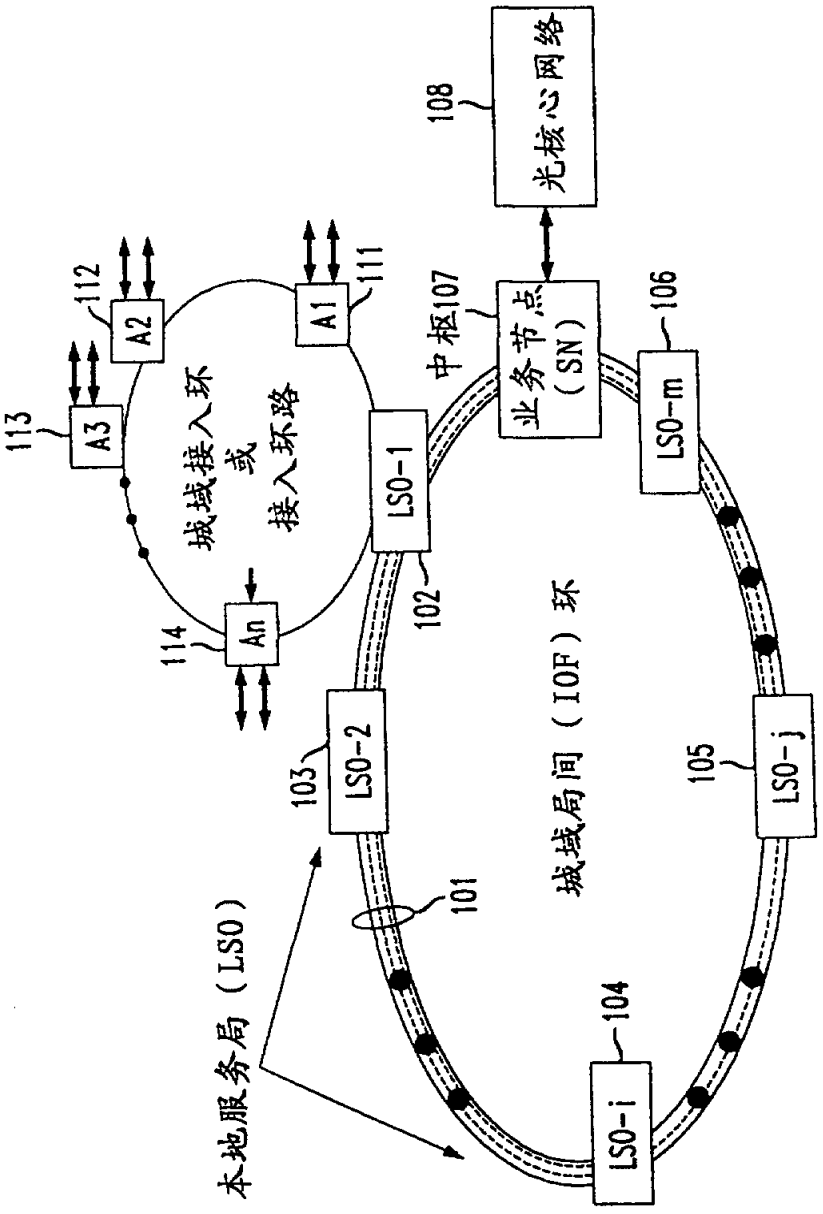
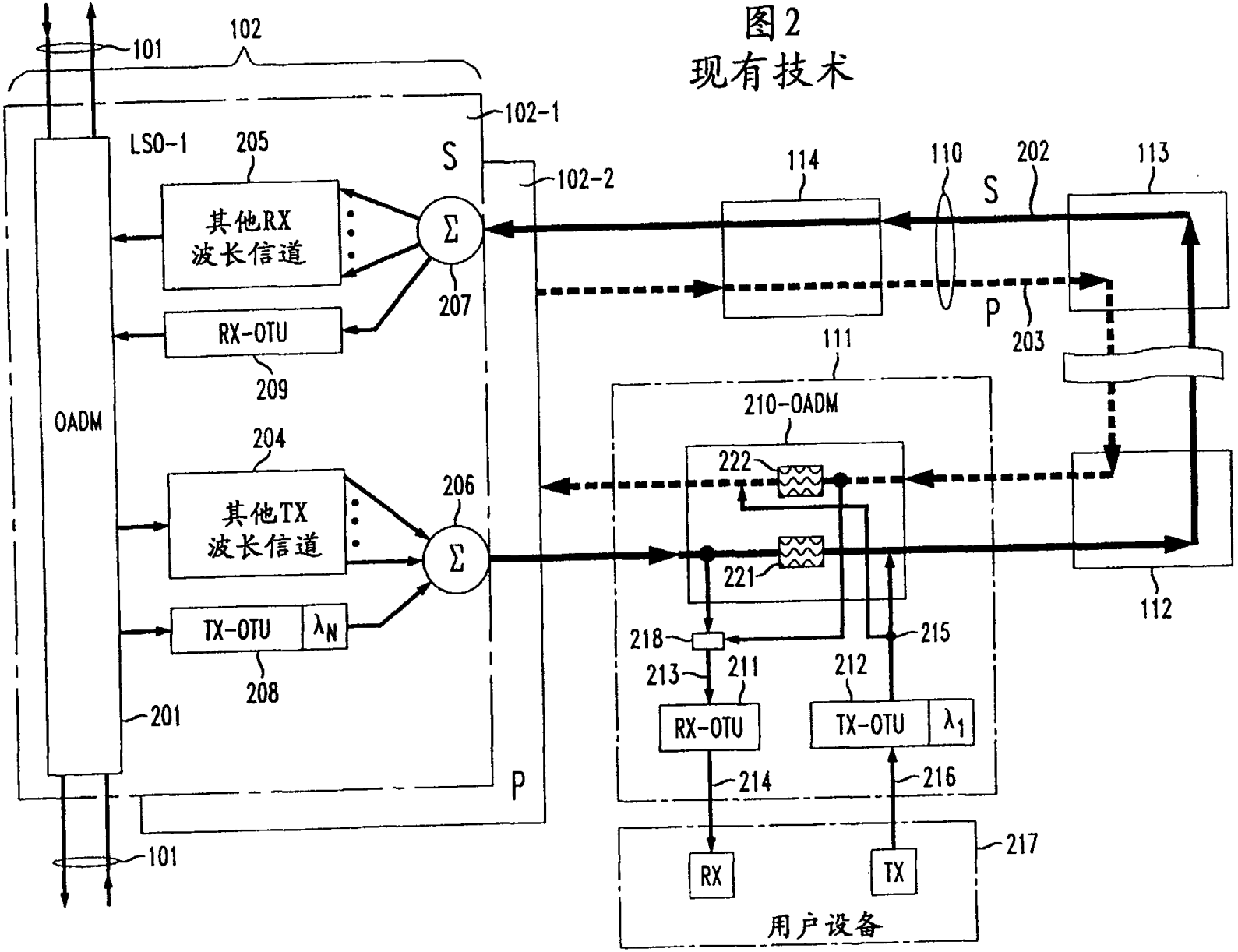

光核心网络
108
业务节点
（SN）
中枢107
106
LSO-m
LSO-1
102
A1
111
A2
112
A3
113
An
114
城域接入环
或
接入环路
LSO-2
103
LSO-i
104
LSO-j
105
101
城域局间（IOF）环
本地服务局（LSO）

图2
现有技术



101
102
102-1
102-2
LSO-1
205
其他RX
波长信道
S
Σ
207
RX-OTU
209
OADM
204
其他TX
波长信道
206
Σ
TX-OTU
λN
208
201
P
101
114
110
202
S
113
P
203
111
210-OADM
222
221
112
218
215
213
211
212
RX-OTU
TX-OTU
λ1
214
216
217
RX
TX
用户设备

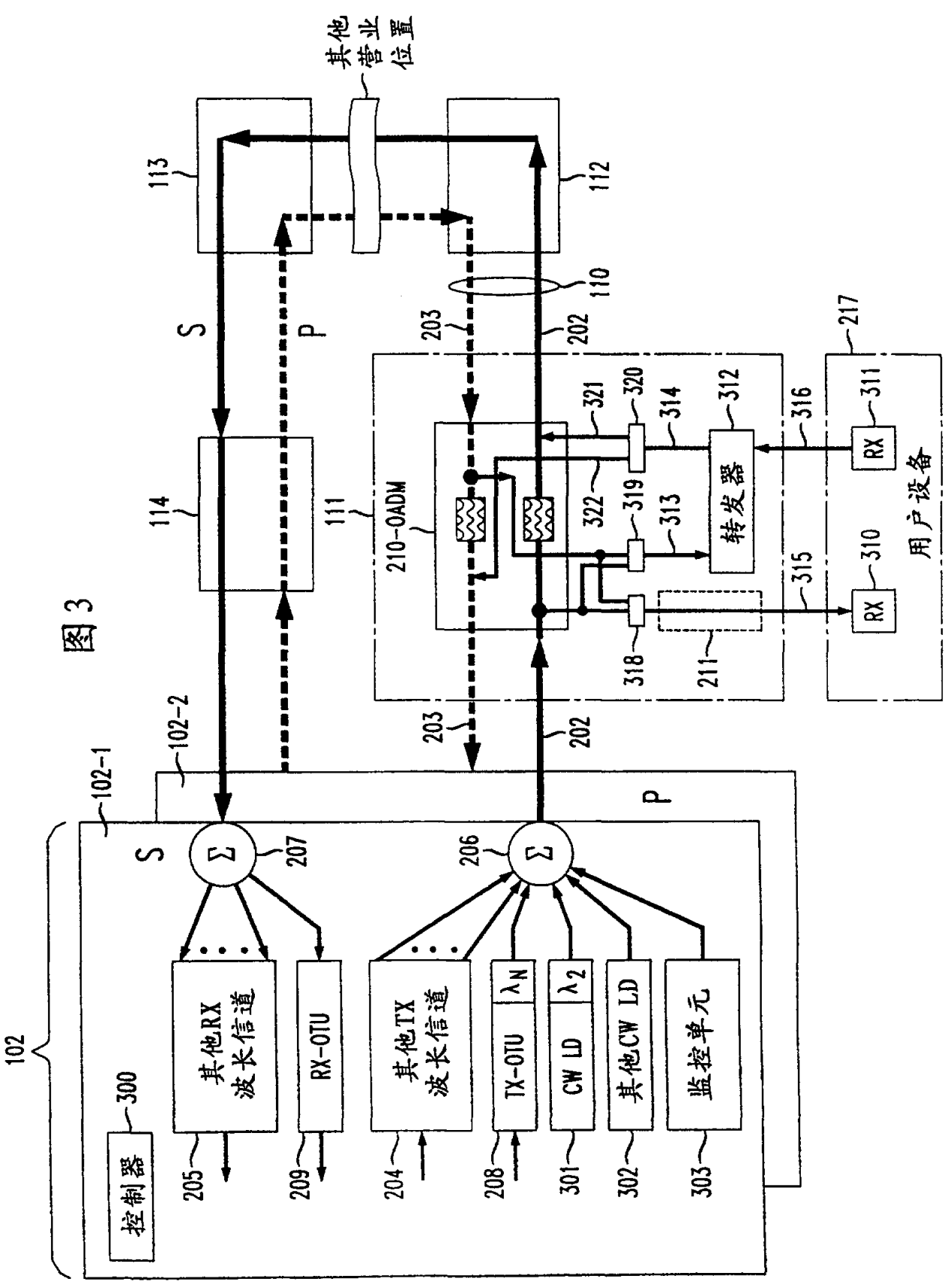
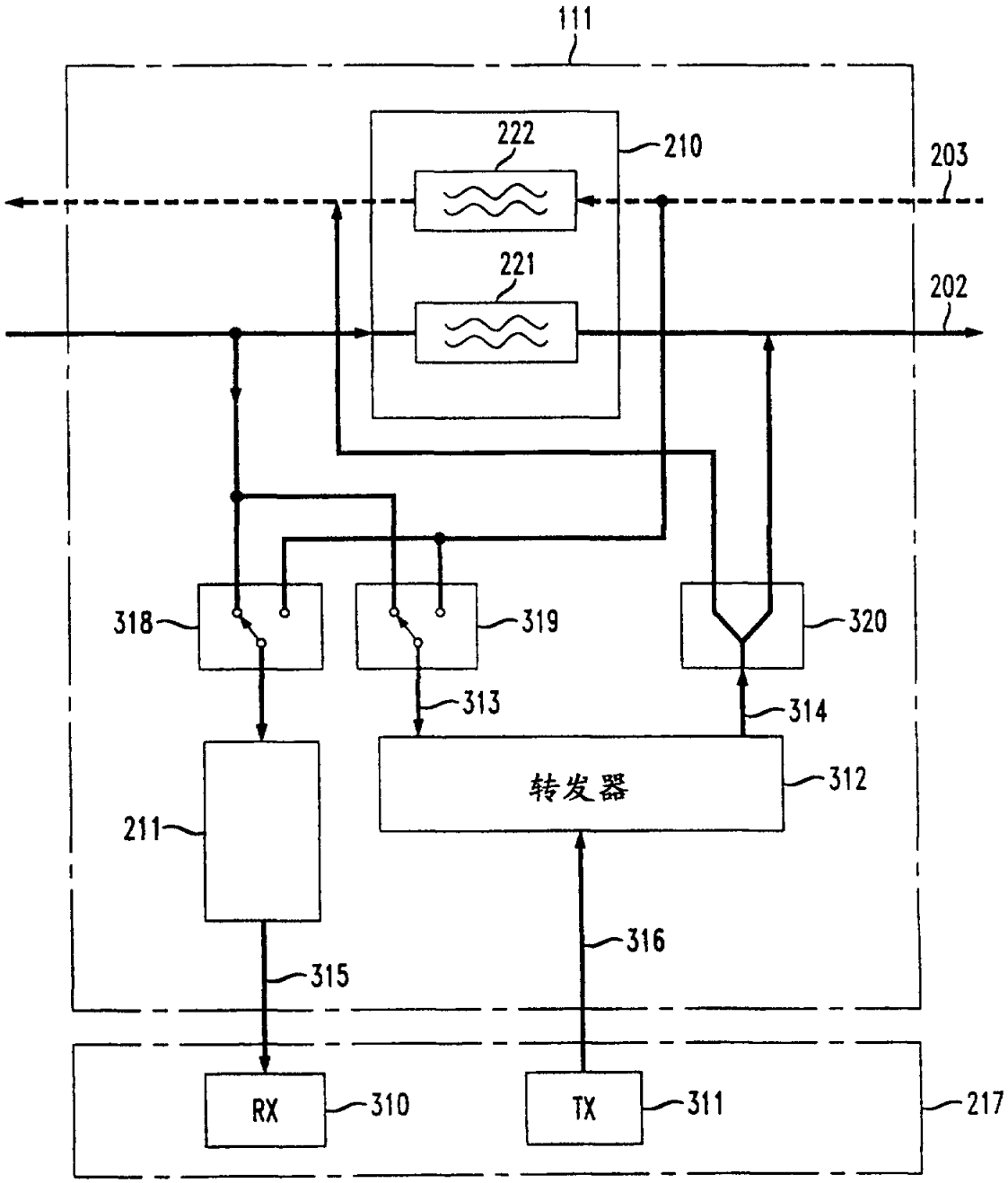

其他营业位置
113
112
110
S
P
203
202
217
114
111
210-OADM
321
320
314
312
316
322
319
313
转发器
311
RX
315
310
用户设备
318
211
102-2
102-1
207
206
102
300
控制器
其他RX波长信道
RX-OTU
其他TX波长信道
TX-OTU
CW LD
其他CW LD
监控单元
205
209
204
208
301
302
303

图 3

图4


111
222
210
203
221
202
318
319
320
313
314
转发器
312
211
316
315
RX
310
TX
311
217

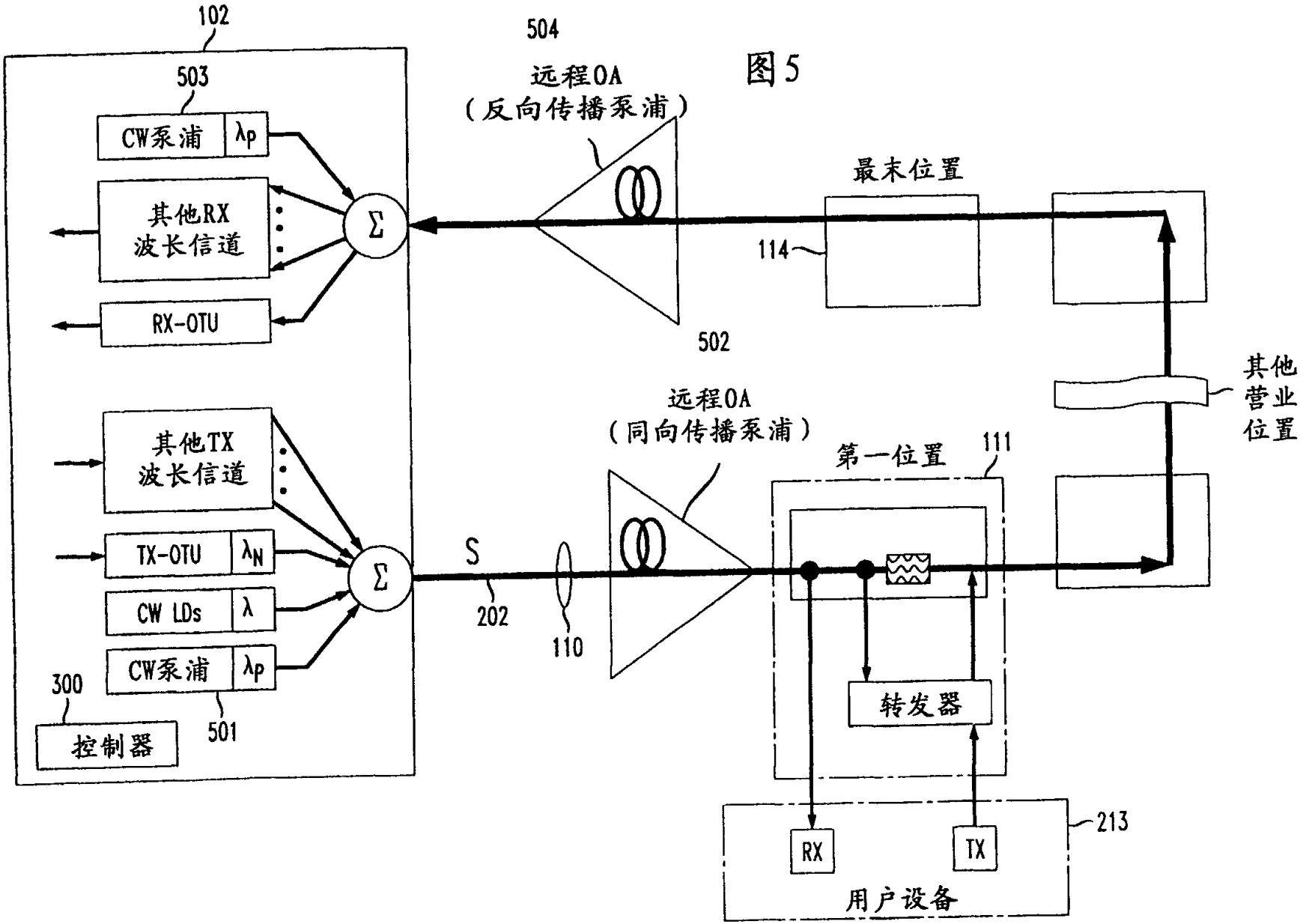

102
504
503
远程OA
（反向传播泵浦）
CW泵浦
λp
其他RX
波长信道
RX-OTU
Σ
最末位置
114
502
其他
营业
位置
远程OA
（同向传播泵浦）
第一位置
111
其他TX
波长信道
TX-OTU
λN
CW LDs
λ
CW泵浦
λp
S
202
110
转发器
300
控制器
501
RX
TX
213
用户设备

图5

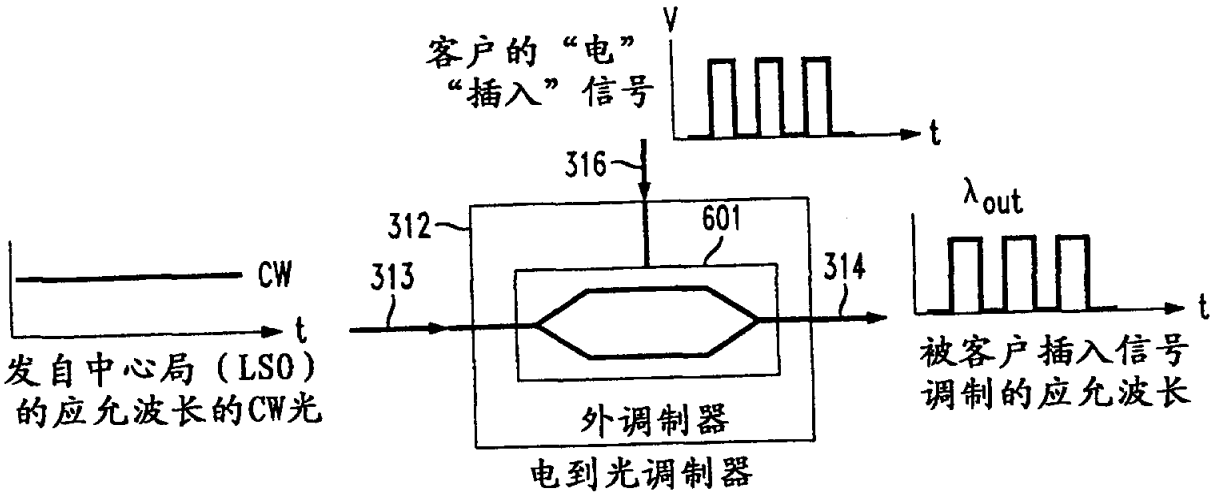
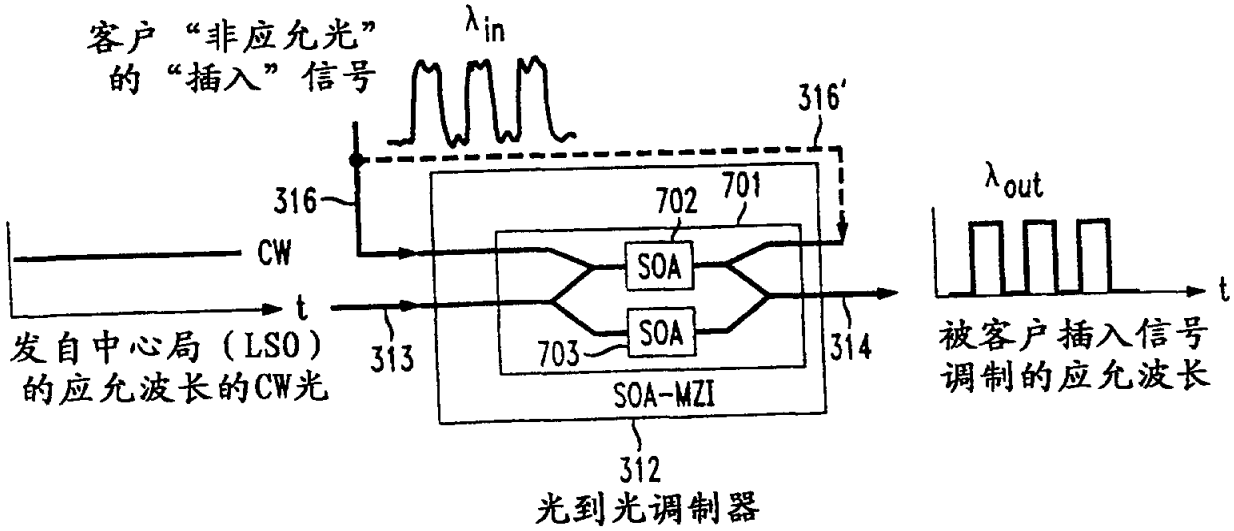

客户的“电”
“插入”信号
V
t
316
312
601
λout
CW
313
314
t
t
发自中心局（LSO）
的应允波长的CW光
外调制器
被客户插入信号
调制的应允波长
电到光调制器

图6

图7


客户“非应允光”
的“插入”信号
λin
316'
316
702
701
λout
CW
SOA
t
SOA
t
313
703
314
发自中心局（LSO）
的应允波长的CW光
SOA-MZI
被客户插入信号
调制的应允波长
312
光到光调制器

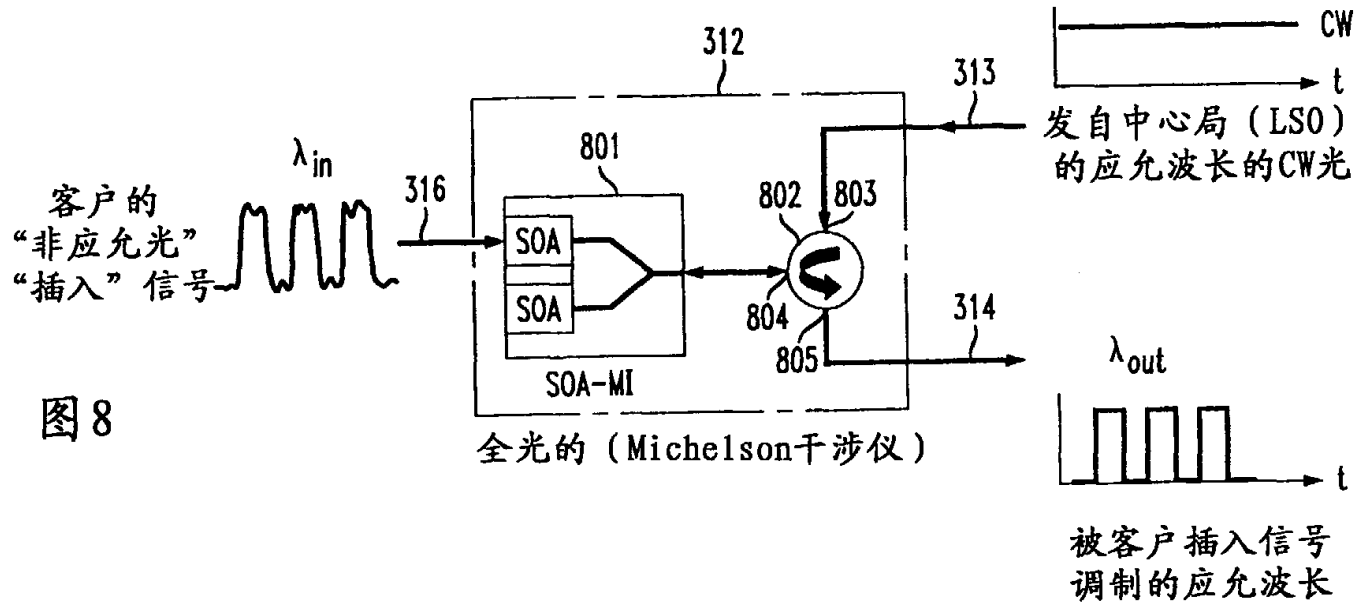

312
313
CW
t
发自中心局（LSO）
的应允波长的CW光
λin
801
316
802
803
客户的
“非应允光”
“插入”信号
SOA
SOA
804
805
314
λout
SOA-MI
全光的（Michelson干涉仪）
t
被客户插入信号
调制的应允波长

图8

图9
现有技术

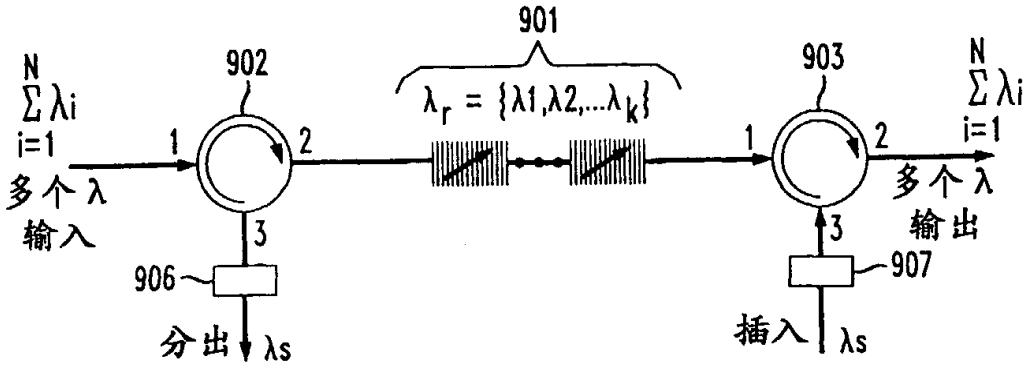

901
902
903
N
∑ λi
i=1
λr = {λ1,λ2,...λk}
N
∑ λi
i=1
1
2
1
2
多个λ
输入
多个λ
输出
3
3
906
907
分出 λs
插入 λs

图10

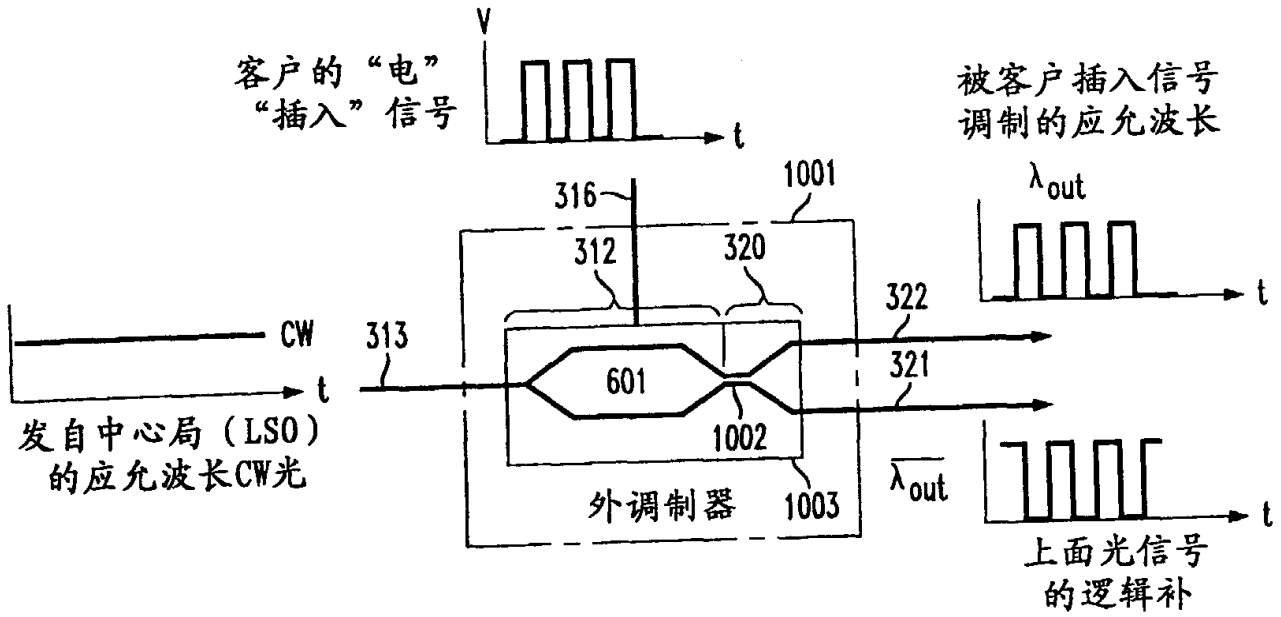

V
客户的“电”
“插入”信号
t
被客户插入信号
调制的应允波长
λout
t
316
1001
312
320
322
CW
313
t
601
321
1002
发自中心局（LSO）
的应允波长CW光
外调制器
1003
λout
t
上面光信号
的逻辑补

图11

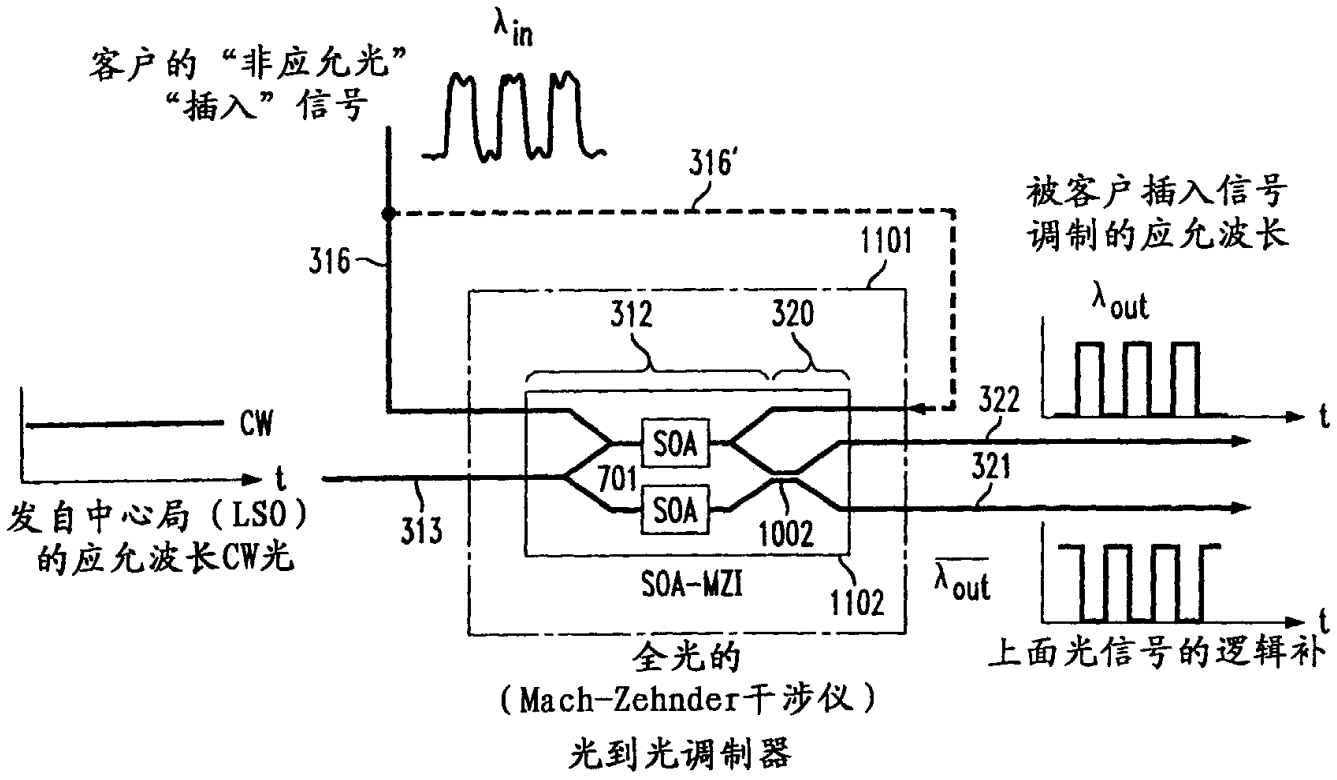
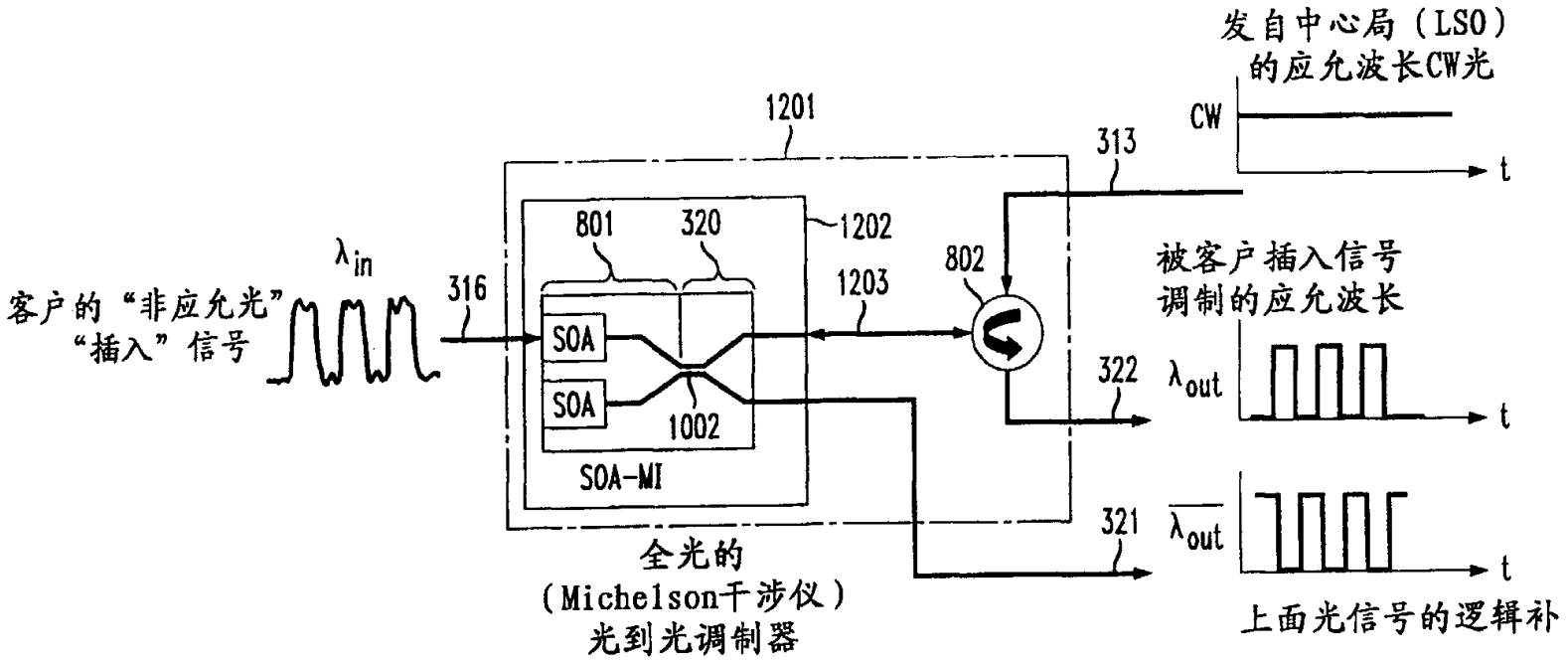

λin
客户的“非应允光”
“插入”信号
316'
316
1101
被客户插入信号
调制的应允波长
λout
312
320
322
CW
t
SOA
701
SOA
321
发自中心局（LSO）
的应允波长CW光
313
1002
SOA-MZI
1102
λout
t
全光的
（Mach-Zehnder干涉仪）
光到光调制器
上面光信号的逻辑补

图12


发自中心局（LSO）
的应允波长CW光
CW
t
1201
313
801
320
1202
802
被客户插入信号
调制的应允波长
λin
316
1203
客户的“非应允光”
“插入”信号
SOA
SOA
322
λout
t
1002
SOA-MI
321
λout
t
全光的
（Michelson干涉仪）
光到光调制器
上面光信号的逻辑补