

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷
H04J 14/02
H04B 10/18



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95196675.8

[43] 授权公告日 2003 年 6 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1111989C

[22] 申请日 1995.10.19 [21] 申请号 95196675.8

[30] 优先权

[32] 1994.10.19 [33] EP [31] 94307665.3

[86] 国际申请 PCT/GB95/02471 1995.10.19

[87] 国际公布 WO96/13104 英 1996.5.2

[85] 进入国家阶段日期 1997.6.9

[71] 专利权人 英国电讯公司

地址 英国英格兰伦敦

[72] 发明人 A·D·埃利斯

审查员 贾丹明

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

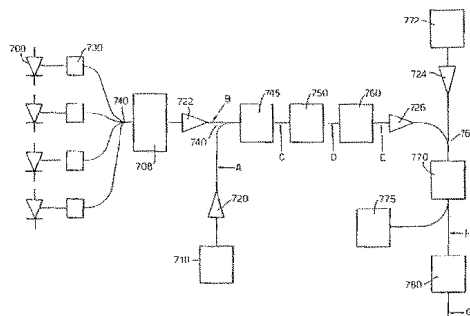
代理人 程天正 邹光新

权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 7 页

[54] 发明名称 处理波分复用信号的装置, 方法和系统

[57] 摘要

描述了全光处理系统, 用于变换或接口光信号, 即从波分复用(WDM)形式变到光时分复用(OTDM)形式, 其中原先的 WDM 信号典型地包括非归零(NRZ)信号格式。该系统包括多个 NRZ 数据调制的 CW 光 WDM 信道(W, X, Y, Z), 它们非线性光元件(745)中被强时钟脉冲信号交叉调制, 因而被波谱展宽。结果的信号包括原先的 NRZ 信号的 RZ 表示。RZ 信号被色散元件(760)在时间上移位, 它把每个波长信道在时间上移动预定的量, 以产生波长交织的 OTDM 信号。然后, 信号使用第二非线性光元件(770)中的 CW 控制波束进行交叉相位调制的方法进行波长变换, 以提供单波长的 OTDM 信号。



1.用于处理波分复用光信号的装置,包括:

接收第一光信号和第二光信号的输入装置,所述第一光信号包括至少两个不同波长的数据信道,所述第二光信号是单一波长的,并包括脉冲流,该脉冲具有的脉冲重复速率至少与最高数据速率的数据信道的比特速率一样高;

非线性光元件,具有接收所述第一和第二光信号的输入装置以及提供第三光信号的输出装置,第三光信号是第一和第二光信号的逻辑“与”门功能的表示,并包括许多其每个具有相应于各个数据信道的波长分量的脉冲;以及

用于把取决于波长的延时加到第三光信号的每个波长分量以提供第四光信号的装置。

2.按照权利要求1的装置,其特征在于,其中延时装置包括色散元件,用于提供色散。

3.按照权利要求2的装置,其特征在于,其中色散元件包括一定长度的光纤单元。

4.按照权利要求1的装置,其特征在于,进一步包括周期滤波器,置于光元件的下行处,其通带的中心基本上定在第三光信号的每个不同波长分量处。

5.按照权利要求4的装置,其特征在于,其中周期滤波器包括双折射元件。

6.按照权利要求1的装置,其特征在于,进一步包括:

第二非线性光元件,用以接收第四光信号和第五光信号,第五光信号包括具有单一波长的脉冲流,其重复速率至少等于第二光信号的脉冲重复速率乘以数据信道数;以及

输出装置,用以提供第六光信号,第六光信号包括代表第四和第五光信号的逻辑“与”门功能的单波长的光信号。

7.按照前述权利要求中任一项的装置,其特征在于,其中各非线性光元件或至少一个非线性光元件包括半导体激光放大器。

8.按照权利要求7的装置,其特征在于,其中各非线性光元件或至少一个非线性光元件构成部分的光学环状镜。

9.按照权利要求1到6中任一项的装置,其特征在于,其中各非线

性光元件或至少一个非线性光元件包括具有电的时钟输入装置的电-光调制器。

10.光通信系统，包括用于载送波分复用光信号的第一光纤传输路径，用于载送时分复用光信号的第二光纤传输路径，以及连接第一和第二传输路径、用于把波分复用信号变换成时分复用信号的装置，所述用于变换的装置包括按照前述权利要求中任一项的装置。

11.光处理系统，用于把包括多个离散波长方波数据信道的输入光数据信号变换成包括单波长时分复用脉冲信号的输出光数据信号，所述系统包括：

10 第一非线性光器件，被安排来接收输入信号和第一时钟信号，以及提供原先的方波信号的输出光脉冲信号表示，所述输入信号包括具有较低光功率的多个离散波长方波数据信道，所述时钟信号包括其频率至少与最高数据速率的数据信道的一样高并具有较高光功率的脉冲序列；

15 用于在时间上色散输出光信号的不同波长分量以各个预定量以便提供波长交织的输出光脉冲信号的装置；以及

第二非线性光器件，被安排来接收结果的输出光脉冲信号和第二时钟信号，以及提供单波长输出的光脉冲信号，所述输入信号具有较低的光功率，所述时钟信号包括其频率基本上等于脉冲信号的频率并具有较高光功率的脉冲序列。

12.用于处理波分复用光信号的方法，包括以下步骤：

25 把第一光信号和第二光信号引入到非线性光元件，所述第一光信号包括至少两个不同波长的数据信道，所述第二光信号是单一波长的并包括脉冲流，该脉冲具有的脉冲重复速率至少与最高数据速率的数据信道的比特速率一样高，光处理装置被安排来提供代表第一和第二光信号的逻辑“与”门功能的脉冲流，其中每个脉冲包括相应于各个数据信道的波长分量；以及

把取决于波长的延时加到第三信号，以提供延时的第四光信号。

13.按照权利要求 12 的方法，其特征在于，其中第一输入信号包括 30 多个离散波长方波数据信号。

14.按照权利要求 12 或 13 的方法，其特征在于，进一步包括将第四和第五光信号引入第二非线性光器件以提供第六光信号的步骤，第

五光信号包括一个脉冲流，它具有单波长，其脉冲重复速率至少等于第二光信号的脉冲重复速率乘以数据信道数，第六光信号包括单个波长的光脉冲，它是第四和第五光信号的逻辑“与”功能的表示。

- 15.从多波长信道方波数据信号产生多信道脉冲数据信号的方法，
- 5 所述方法包括的步骤有：
- 将该多波长信道方波数据信号引入非线性光器件，
- 将其重复频率至少与方波数据信道最高数据速率一样高的脉冲时钟信号引入该器件；及
- 安排各个信号的功率电平，以提供输出数据信号，此信号包括从
- 10 该方波数据信号和时钟信号的交叉相位调制产生的扰动数据信号部分，所述扰动数据信号部分相应于表示该方波数据波长信道的脉冲信号。

处理波分复用信号的装置,方法和系统

本发明涉及光学处理装置和系统,以及涉及处理光通信信号的方法,具体地涉及用于处理波分复用光信号的系统、方法与装置。

光纤是非常有效的传输媒体。当前,光纤通信系统的容量受限于某些因素,其中包括利用光纤带宽的方式和为控制某些光通信处理功能所需要的光电子元件。

第一个因素,即带宽使用因素,通常通过使用不同的复用技术、例如波分复用(WDM)或光的时分复用(OTDM)来论述。

第二个因素在过去六、七年内被广泛地研究,结果是论证了在光纤和半导体光学器件中的全光学处理功能。只引用全光学处理功能的光纤通信网络提供的潜在通信容量远超过在引入非常慢的光电子处理功能的光纤通信网络中当前可供使用的通信容量。

通过带宽的使用,WDM网络近年来受到很大的注意,并多半可提供例如在大城市的或全国的网络中的光路由,其中大的结点密度使得与WDM有关的简单的无源多路分路技术(波长滤波)很有吸引力。然而,如果使用传统的信令格式,色散和光纤非线性这二者的结合潜在地限制了WDM网络的大小或扩展WDM网络的能力。因此,当前OTDM多半在更宽广的地理区域内,在更小数量的较高容量的光交换机方面得到应用,因为单个波长复用信道系统,例如OTDM,对于非线性和色散的有害影响并不像WDM系统那样敏感,特别是当采用孤立子(soliton)传输效应来平衡非线性以对抗色散时尤其是这样。而且,增益平坦度的均衡或预加重技术对于单波长OTDM系统并不是重要的考虑,而这些技术是相应的WDM系统设计的重要方面,这就大大地简化了放大器(或功率)的操纵运用。

认识到与WDM通信网络有关的可测量性难题,但同时要看到WDM有许多优点,例如简单的无源的多路分接,申请人认为将来可能会对全光学通信网络有需要,此网络能潜在地处理WDM业务(例如在本地网规模上),OTDM业务(例如在国际干线路由上),以及孤立子业务(例如在信息高速公路上)。为了使这样的光网络是有效的,也

需要它能在任何两个所采用的业务格式之间进行转换，否则通用的网络互连和网络间信息交换会受到限制。

现在，WDM，OTDM和孤立子光信令格式的产生和传输都已得知，并被广泛地报导。另外，Lacey等的文章，“全光学的WDM到
5 TDM多路复用转换器” *Electronics Letters*, 15 Sept. 1994, pp1612 - 1613，首先提出了通过藉使用波长选通滤波器把WDM信号分离成它的组成信道和在分开的各个光放大器中把每个信道和时钟脉冲相混合，进行从WDM到TDM的转换。这就造成这样的结果，增益压缩造成波长变换和减小WDM数据脉冲的宽度。然后，每个信道由具有不同延时的
10 分开的各个光延时线予以延时，最后，全部信道通过使用光耦合器被重新多路复接起来。Bigo等的文章，“对于孤立子传输系统通过光学的NRZ到RZ变换和无源时分复用的比特率的提高”，*Electronics Letters* 1994, Vol.30, pp 984 - 985，提出了使用光学环状镜作为对于NRZ(非归零)数据信号和时钟信号的“与”门，以产生NRZ到RZ(归零)变换。
15 而且，Bigo等提出多路复接多个这样的“与”门输出，以使得比特率提高(TDM)。

在本说明中，术语“方波”和“脉冲”，对于波形来说，是打算分别与“NRZ”(非归零)和“RZ”(归零)为同义的和可交换的。

按照第一方面，本发明提供用于处理波分复用光信号的装置，包
20 括：

接收第一光信号和第二光信号的输入装置，所述第一光信号包括至少两个不同波长的数据信道，所述第二光信号是单一波长的，并包括脉冲流，该脉冲具有的脉冲重复速率至少与最高数据速率的数据信道的比特速率一样高；

25 非线性光元件，具有接收所述第一和第二光信号的输入装置，以及提供第三光信号的输出装置，第三光信号是第一和第二光信号的逻辑“与”门功能的表示，并包括许多其每个具有相应于各个数据信道的波长分量的脉冲；以及

30 用于把取决于波长的延时加到第三光信号的每个波长分量以提供第四光信号的装置。

该光处理装置构成用于实现NRZ到RZ变换的总的装置的第一部分。

通过把该装置正确地安装在例如大城市区域网 (MAN)，标准的 WDM NRZ 信令可被用于 MAN 中的所有业务，而例如到第二个远端的 MAN 的长距离业务可通过按照本发明的把 NRZ 信号转换为 RZ 格式的方法在孤立子支持的通信链路上安排路由发送。这种方法的优点是在每个 MAN 内的所有源和波长变换器/交换机不一定需要是孤立子兼容的。这样，有利之处在于，现有的 WDM 基础设施可被保持，使安装系统所用的投资费用为最小。

非线性光学单元优选地包括行波半导体激光放大器 (TWSLA)。在 TWSLA 中，提供有大的时钟脉冲信号，它的脉冲重复频率至少和最高比特率 WDM 信道的一样高，它周期地调制 TWSLA 载波密度，把交叉相位调制 (XPM) 施加在通过放大器传送的 WDM 信道。XPM 的结果是只要在 WDM 信号是和时钟脉冲信号相一致的情况下就扩谱 WDM 信号。

当光信号在非线性单元中由 XPM 扩谱时，该装置优选地进一步包括处在非线性单元下行方向的周期滤波器，用于完成鉴频功能。周期滤波器消除 WDM 信道的未调制的背景噪声，这样它应当具有正规的通带和阻带，具有良好的阻带衰减。适用的滤波器包括 Mach Zehnder 干涉仪、Fabry Perot 干涉仪和双折射滤波器。

适用的周期滤波器的一种形式是引入输入和输出极化控制的双折射光纤。滤波器通过修改光纤中每个 WDM 信道的极化来选择所需要的波长，以使所需要的波长和输出极化器相一致。这类设备可提供具有相当宽的通带的优良的衰减。结果的滤波后的信号基本上是 WDM NRZ 信号的 WDM RZ 脉冲信号的代表。

把非线性光学单元引入到本发明的装置的重大优点在于，全部 WDM 信道的从 NRZ 到 RZ 的变换是在单个单元中同时实现的，以及运行速度由光的非线性器件限制而不是由替换的光电子器件的速度限制。

使用 TWSLA 中的 XPM 作为非线性元件的重大优点是 TWSLA 的固有的对波长的非敏感性，而类似的 XPM 效应在光纤中已被证实，由光纤中的色散所加的限制排除了很宽的波长范围内的多信道运行，虽然使用色散特性平坦的光纤可缓和这些困难的某些部分。

一个替代 TWSLA 的非线性单元是非线性光学环状镜 (NOLM)。

具体地讲, 优选采用引入半导体激光放大器的 NOLM, 因为光纤 NOLM 可能会由于不想要的色散影响以及相位匹配问题而受损害。

- NOLM 比起上述方法的优点在于, 不需要周期滤波器, 因为交叉相位调制信号部分是被切换到与非交叉相位调制信号部分不同的输出, 而不是结合起来。
- 5

可被用来代替 TWSLA 或 NOLM 的其它非线性单元包括极化旋转栅, 非线性 Mach Zehnder 干涉栅, 非线性定向耦合器, 或非线性 Fabry

Rerot 干涉仪。这个替代品的清单决不是没有遗漏的，并且也不限于选择所列的那些替代品。另一个在处理速度上受限制的替代品是通过使用例如电吸收调制器的电-光调制，以产生脉冲。

5 在优选的实施例中，本发明进一步包括移位波长的装置，用于把每一个离散波长信道在时间上移位不同的预定量，以提供波长交错的时分复用（**WITDM**）信号。

10 这样，**WDM** 信号（**RZ** 格式）被转换为具有 **OTDM** 信号的时间形式而不是频谱形式的伪-**OTDM** 信号（也就是说，在这一级信号包括一系列脉冲，它们以 **WDM** 信号的不同波长顺序地循环）。**WITDM** 信号格式可以是变换到 **OTDM** 信号的中间步骤，如下面所描述的那样。

移位装置优选地包括色散元件，它提供固定的彩色色散量，以不同的数量延时每一个离散波长信道，因而产生了 **WITDM** 信号。

15 色散元件可包括适当长度的标准光纤，然而，一对折射栅或其它色散元件可替代地被使用。但是使用一段标准光纤长度具有这样的优点，从纯粹的波长复用信号转换到 **WITDM** 信号的全部运行在单个光纤路径中完成。相反，在已知系统中，从 **WDM** 到时分复用格式的转换将包括通过使用不同的延时线把每个个别信道延时不同的量，然后在光交织器中把延时的信号组合起来。这样的系统可能是不可靠的，因为光交织器典型地呈现很差的稳定性。比起可达到同样效果的一段标准光纤长度的成本来说，也要考虑这种系统有更大的成本费用。所需要的光纤长度由在 **WDM** 信道之间所需要的时间上移位的大小和由光纤的色散常数来确定。光纤中色散对脉冲的影响应当予以考虑，而且看来好象需要较低的色散，以减小任何不想要的时间上的增宽，导致宽的 **RZ** 脉冲。然而，也许幸运的是，在 **TWSLA** 中构成的脉冲所经历的线性调频现象在
20 某些情况下可造成标准光纤中的脉冲压缩。因此，光纤色散元件最好既
25 压缩又交织优选方案中的脉冲。

将会看到，例如，如上所述，在一段光纤长度中使用色散以便从 **RZ** 格式的 **WDM** 信号提供 **WITDM** 信号的方式，并不限于按照本发明进行的使用。事实上，**WDM** 信号（**RZ** 格式）可以由任何的源所提供，
30 以及后来所构成的 **WITDM** 信号可按照本发明的方式加以使用或用于需要这样的信号的任何其它装置。

在优选的实施例中，本发明还包括第二非线性光学元件，用于把

WITDM 信号转换成单波长的 OTDM 信号。

该第二非线性光学元件可方便地体现上述的第一非线性光学元件的特性。

因此，第二非线性光学元件优选地包括以和上述的第一 TWSLA 工作方式同样的方式工作的第二 TWSLA。然而，在这种情况下，WITDM 信号被用来相位调制一个 CW 光束，并且周期滤波器由限制带宽的滤波器代替，以隔离最终的单波长 OTDM 信号。

另外，非线性元件可以是任何其它适用的非线性元件，例如，如前述的 NOLM 或 Mach Zehnder 干涉仪等。

在另一个实施例中，用在第一非线性级的 TWSLA 的工作速度可藉运行按照我们的共同未决的欧洲专利号 93308066.5（1993 年 10 月 11 日提交）的放大器而得以提高，在此专利中，一个第三泵浦光束被注入到 TWSLA，以抑制否则可能由于时间上的非均匀载流子密度动态变化而发生的的数据结构形成效应。使用这样的泵浦光束以牵制 Fermi（费米）能级和抑制数据结构形成，在所提到专利申请中有更详细地描述，此处引用其公开的内容，以供参考。

本发明的优点在于，产生了频谱极纯的数据脉冲，而不需使用高性能指标的脉冲源。通常，用于产生 OTDM 信号的脉冲源需要频谱纯度和时间上的稳定度，因而是相当昂贵的。然而，在按照本发明的装置中，时钟脉冲源只需要提供时间上稳定的脉冲，因为频谱纯度是通过第二非线性元件和滤波器（如果必要的话）安排来达到的。因此，用于 OTDM 系统的光源可以是比较便宜的 DFB 激光器。另外，如果高速脉冲源是可供使用的话，则第二变换器可用来调制脉冲流。

本发明的另一个优点在于，全部有源元件都可以是半导体元件，例如 TWSLA，它允许有集成的余地（虽然需要开发做在芯片上的周期滤波器和色散元件）。

按照另一方面，本发明也提供如在权利要求中更详细地描述的方法和系统。

现在参照附图，仅仅以例子的方式，来描述本发明，其中：

图 1 是演示把载有 NRZ 数据的四信道 WDM 信号转换为载有 RZ 数据的 WDM 信号的实验系统；

图 2 表示用于图 1 系统的极化滤波器装置；

- 图 3 表示对于单个 NRZ 脉冲的频谱展宽级；
 图 4 表示对于四个 RZ 滤长信道的滤谱变换；
 图 5 表示对于四个 RZ 脉冲波形的眼图；
 图 6 表示对于图 1 的系统 BER（误码率）测量比较；
 5 图 7 是适用于全 WDM 到 OTDM 信号变换的系统表示；
 图 8A 到 8G 是在图 7 的系统中各点处信号谱的理想化图形表示；
 以及
- 图 9A 到 9G 是在图 7 系统中各点处随时间变化的幅度信号波形的理想化图形表示。
- 10 图 1 的系统用来产生四信道 NRZ 格式的 WDM 光信号，以说明从该信号到相应 RZ 格式信号的变换。在图 1 的系统中，包含等间隔光脉冲的时钟信号由外腔半导体激光器 110 产生，该激光器（1545nm）被模式锁定在 10GHz，具有 13ps 的脉冲宽度（假定是高斯脉冲形状）和约 0.45 的时间-带宽积。
- 15 四个 CW（连续波）信道（1554.2nm，1556nm,1557nm，1558.4nm）由四个 DFB 激光二极管 100 产生。这些信道由四合一激光耦合器组合，以及为了说明起见，这些信道通过使用由适合的图案发生器 160 驱动的铌酸锂（LiNbO₃）强度调制器 130，以单个 10Gbit/s 2⁷-1 PRBS 予以调制。
- 20 时钟和 NRZ 格式数据信号在光放大器 120 和 122，例如涂铟光纤放大器中被放大，并通过 WDM 耦合器 140 被馈送到 TWSLA 145。时钟信号被放大到约 12dBm，及 NRZ 信号被放大到 1 到 3dBm 之间。TWSLA 145 是耦合损耗为每晶面约-6dB 的整体器件。虽然 TWSLA 提供 XPM，但提供类似功能的任何元件在这种情况下都将是适合的。
- 25 通过使用在双折射光纤中的极化旋转做成的周期滤波器 150（在下面参照图 2 加以更详细地描述），在 TWSLA 145 的下行处执行鉴频功能，以同时处理全部四个信道。滤波器周期约是 0.7nm，且衰减比是约 30dB。实际上，滤波器 150 去除了数据信号的未扰乱部分（背景分量），使得和时钟信号相一致的信号通过，因而它由时钟信号加以调频。
- 30 最后，0.5nm 可调谐带通滤波器 154 为了进行误码率（BER）测量，选择四个 RZ 信道中的一个信道。差错检测器 158 把由带通滤波器 154 选择的和由光接收机 156 接收的信号与来自图案发生器 160 的信号

复制品相比较。

每个信道的 BER 测量结果在下面参照图 6 依次地加以描述。

参照图 2，周期滤波器 150 包括连到极化控制器（PC）210 和极化器 220 的结合点的输入端 200。PC 210 和极化器 220 被调谐以确保进到滤波器的光信号具有被限制得很好的极化。PC 210 被安排来使能进行输入极化的细调节。

处在极化器 220 下行处的光放大器 230 被安排来补偿由于起先的极化选择级造成的信号损耗。虽然适当长度的涂铪光纤是优选的，但也可使用任何形式的光放大器。

通过极化选择级后的光信号具有限制得很好的极化。在滤波器 150 中，TWSL 145 中的数据脉冲施加在参考波束上的周期的谱移位经历了在位于放大器 230 下行处的双折射元件 250 中的依赖于波长的极化旋转。在这种情况下，双折射元件 250 是长度为 100m 的极化模式色散为 10ps 的双折射光纤。通过使位于双折射光纤 250 的极化控制器 260 最优化，波谱未移位的波形分量被位于极化控制器下行处的极化器 270 阻塞，导致了入射到该极化器的光的 10% 的传输。10% 的光由一系列波长-变换的脉冲组成，其中脉冲有效地相应于原先信号的 RZ 表示。

其它的已知类型的波长滤波装置可容易地代替所描述的周期滤波器装置，例如 Mach Zehnder 干涉仪或 Fabry Perot 干涉仪。

图 3 表示一个所选择的 NRZ 信道的谱展宽级。曲线 A 代表未展宽的 NRZ 信道，曲线 B 代表由时钟脉冲谱展宽的 NRZ 信道，以及曲线 C 显示由周期滤波器去除的 CW 分量。

在图 4 中，带有和不带有时钟波形的在 DFB 波长（ D_x ）上的波谱峰是未变换的剩余的 NRZ 信号，它们在周期滤波器阻带对准波谱峰时由周期滤波器去除。

图 3 和 4 显示，波谱展宽是非对称的，由于在 TWSLA 145 中的增益恢复机制，该展宽偏向于较长的波长。由于波谱的非对称性，有可能对被展宽的信号仅约为 5dB 的插损来去除未被展宽的部分。四个波长相对于滤波器通带的对准是通过微调谐 DFB100 的温度和偏置电流来实现的。

图 5 表示对于全部四个波长信道的眼图。可以看到，各图并未显示出由强的时钟信号完全压缩的构图效果。变换的 RZ 信号的脉冲宽度是

约 15ps (假定是高斯脉冲形状), 它非常接近于约 13ps 的时钟脉冲宽度。

为了说明变换后的 RZ 信号的低噪声特性, 对所有四个信道进行 BER 测量, 结果示于图 6。在四个信道之间的接收机 156 灵敏度 (@BER = 10^{-9}) 的分散度约为 1.5dB, 在 BER = 10^{-11} 处且没有显著的误差底部, 说明方案的优良的性能。

图 7 说明了适用于把不同波长的四个 NRZ 光信号变换为单个 OTDM 信道的系统。

在系统中, 包括等间隔光脉冲的时钟信号由被模式锁定在 10GHz 的外腔半导体激光器 710 (1545nm) 产生, 它具有 13ps 的脉冲宽度(假定是高斯脉冲形状) 和约 0.45 的时间带宽积。

四个 WDM 格式 NRZ 信道 (1554.2nm, 1556nm, 1557nm, 1558.4nm) 由四个 CW DFB 激光二极管 700 产生, 它们产生的波束被单独的调制器 730 调制 (模仿四个分开的波长信道)。四个信道由四合一 WDM 光纤耦合器 705 组合。然后, 组合信号优选地被传送到模拟光通信链路的光元件 708, 例如使信号色散和衰减。实际上, 链路可以是几千公里长, 以及可包括一级或多级放大, 信号再生和/或交换。这样, 元件 708 的参量可加以变化, 以模拟不同的链路参量。元件 708 可包括不同类型的光纤的组合, 色散元件以及可能有环状镜, 然而, 实际安排取决于要被模拟的结果。为了说明起见, 光元件 708 可从系统整体中略去。

时钟和 NRZ 格式 WDM 数据信号在涂铟光纤放大器 720 和 722 中被放大, 这些放大器为下一级提供必要的信号电平: 时钟信号被放大到约 12dBm 以及 NRZ 格式信号被放大到 1 到 3dBm 之间。然后, 信号通过 WDM 耦合器 740 被馈送到 TWSLA 745。TWSLA 745 是耦合损耗为每晶面约 6dB 的整体器件。

通过使用在双折射光纤中的极化旋转做成的周期滤波器 750 (上面参照图 2 所描述的), 在 TWSLA 745 的下行处执行鉴频功能, 以同时处理全部四个信道。滤波器周期约是 0.7nm, 且衰减比约是 30dB。实际上, 滤波器 750 去除了数据信号的未扰乱部分 (背景分量), 使得与时钟信号相一致的信号通过, 因而它由时钟信号加以调频。

周期滤波器 750 的输出被色散元件 760 色散, 此元件是一段长度的

标准光纤。对于相隔 1.4nm 的 WDM 信道，相邻信道之间的 25ps 时延需要 17.8ps/nm 的色散，它由约 1km 长的标准光纤提供。另外，也可使用提供所需要的色散量的任何适合的色散光纤长度。

5 色散后的信号被放大器 726 放大，并通过 WDM 耦合器 765 连同由放大器 724 放大的和来自光放大的 DFB 半导体激光器 772 的原先的 CW 参考信号一起被馈送到第二 TWSLA 770。WDM 脉冲流被放大到 +12dBm 的平均光功率，共同传播的 CW 参考信号被放大到 4.9dBm 的平均光功率。

10 可任选地，分开地被光放大的反向传播的（或共同传播的）CW DFB 泵浦光束从 DFB 半导体激光器 775 被注入到第二 TWSLA 770，以压制否则可能由于随时间的非线性载流子浓度动态变化而发生的数

15 据构图效果。第二 TWSLA 770 是具有波峰波长为 1.54 μ m 的极化不敏感整体一层器件，工作在 200mA 的直流偏置电流。位于 TWSLA 770 下行处的滤波器元件 780 包括可调谐带通滤波器和极化器，它被用来消除残余放大的自发杂散发射和用来限定在 TWSLA 770 输出端处的参考信号的极化。滤波器 780 典型地类似于在上面参照图 2 所描述的周期滤波器。然而，对于此滤波器，重点在于准确的单个通带和关于所需要的输出信号波长的强衰减，而不是四个同样的有效通带和阻带。

20 图 8A 和 8G 表示出现在图 7 的相应位置 A 到 G 的脉冲时钟信号（表示为 CL）和四个波长信道（表示为 W，X，Y，Z）的谱。可以看到，图 8B 中的四个信道（W = 1554.2nm，X = 1555.6nm，Y = 1557nm 和 Z = 1558.4nm）是由图 8A 所示的脉冲时钟信号（1545nm）被进行波长展宽的，如图 8C 所表示的。图 8D 和 8E 显示了已通过滤波被除去了其 CW 背景分量的信道。图 8F 表示在第二 TWSLA 770 中由 CW 参考信号进行波长变换为单波长 OTDM 信号后的四个信道。图 8G 表示在参考信号的 CW 背景已被滤除后在 1545nm 上的最终 OTDM 信号。

30 图 9A 到 9G 表示相应于图 7 上同样点 A 到 G 的时钟信号和四个信道（表示为 CL,W,X,Y,Z）。图 9A 表示脉冲时钟信号。图 9B 表示添加在全部分四个信道上的数据图案（为了简明起见，全部数据图案对于每个信道都是同样的）。图 9C 表示第一 TWSLA 745 的输出，它包括数据

图案分量和时钟脉冲信号。图上显示了在数据图案中信号恰好重合的地方波形的理想叠加，实际上它更接近类似于扰动或电涌。滤波器 750 的输出被表示在图 9D 上。在此图上可看到，除被扰动的部分（交叉相位调制）外，波形的全部被滤去，留下一脉冲序列，相应于原先 NRZ 信号的 RZ 表示。

图 9E 上显示了用于把每个波长信道色散不同的量的色散元件 760 的作用，其中 WDM RZ 脉冲序列被变换成在不同信道波长上的交错脉冲 W, X, Y, Z。此脉冲图形在其余系统中保持为相同，其中只有脉冲的谱组合按照图 8A 到 8D 变化。

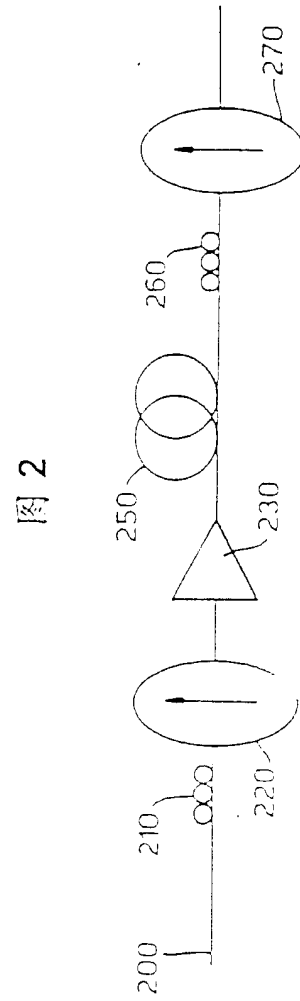
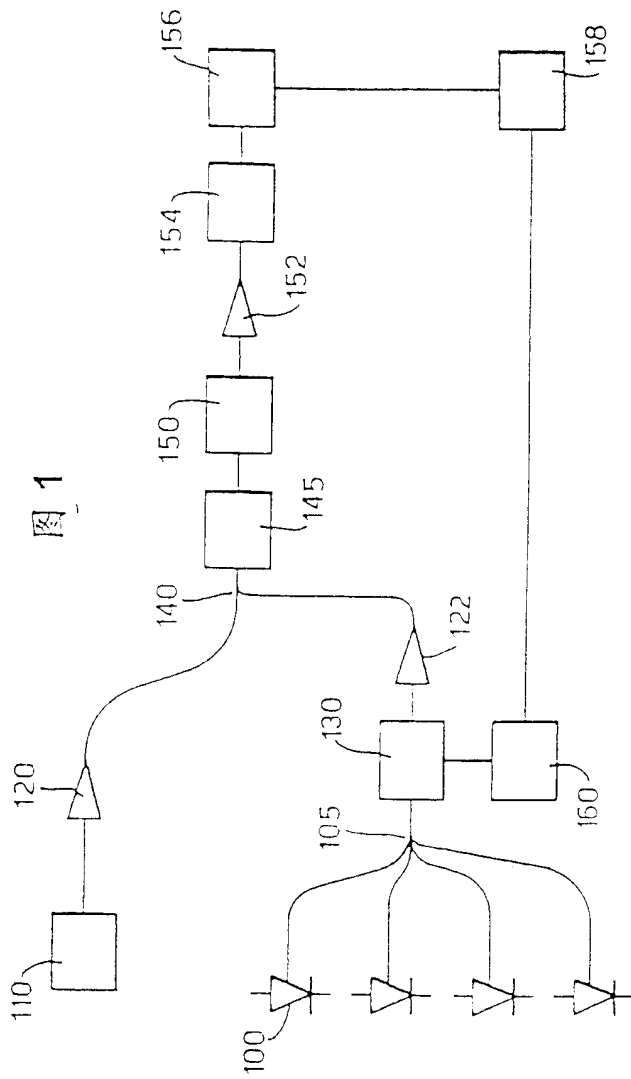
10 技术人员将会看到，在图 1 和 7 中的系统只与实现本发明的可能方式有关。具体地，所描述的非线性元件可由除 TWSLC 以外的提供同样结果的替换器件或器件装置（例如 NOLM）来实现。

事实上，在本发明的每一级中所描述的器件（非线性元件，色散元件和第二非线性元件）每个都可以以不同方式来实现，但并非处在本发明的范围之外。

15 另外，所有的信号电平，信号频率，重复速率和器件偏置电流等都是以实例的形式给出的，但它们并不是本发明的本质性特征。

而且，技术人员将会看到，在所描述的系统中的光放大（如果有的话）类型和光放大级的确切定位完全取决于所使用的器件安排和类型，

20 因此它也不是本发明的本质方面。



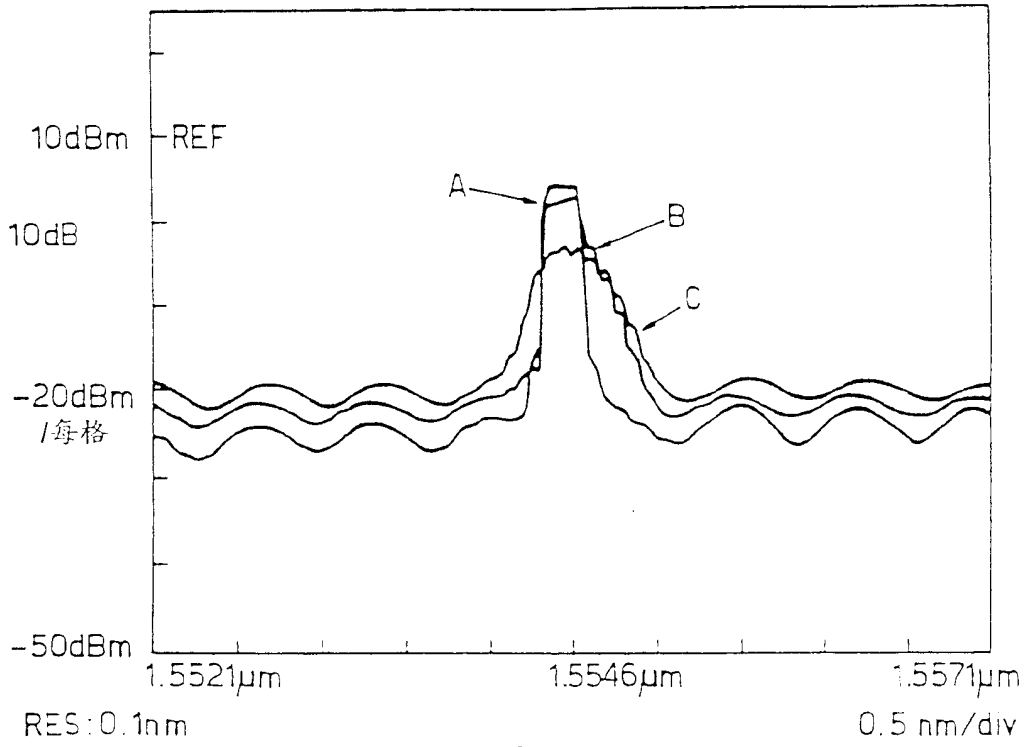


图 3

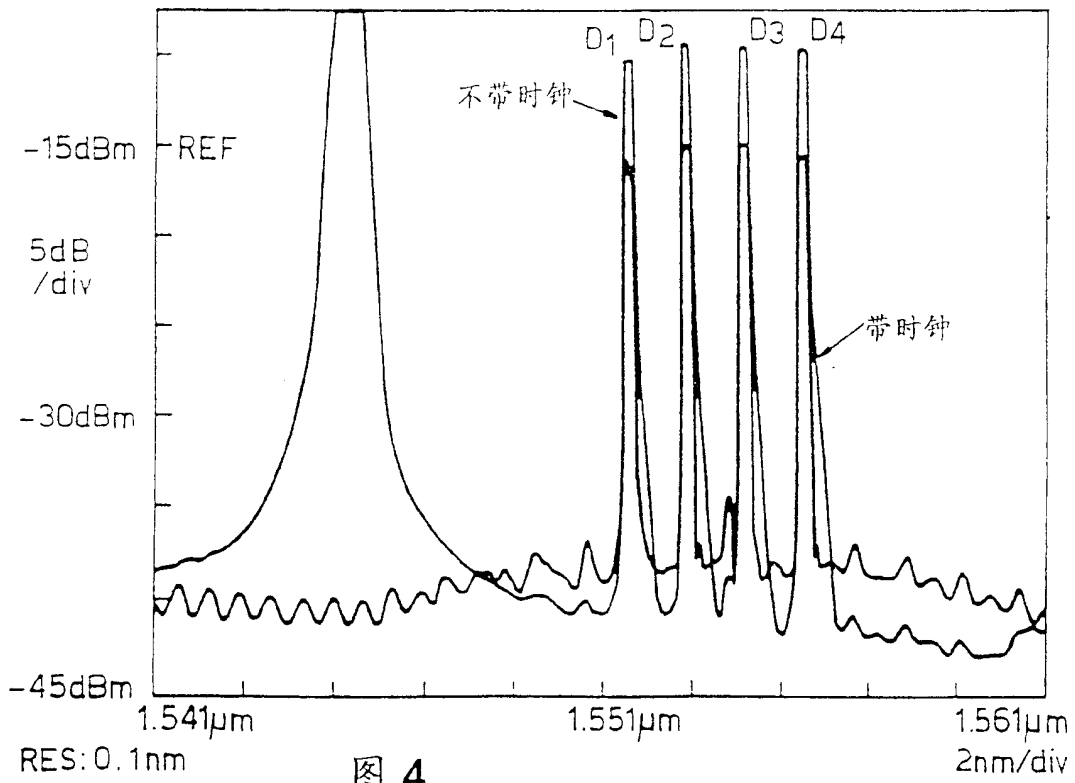
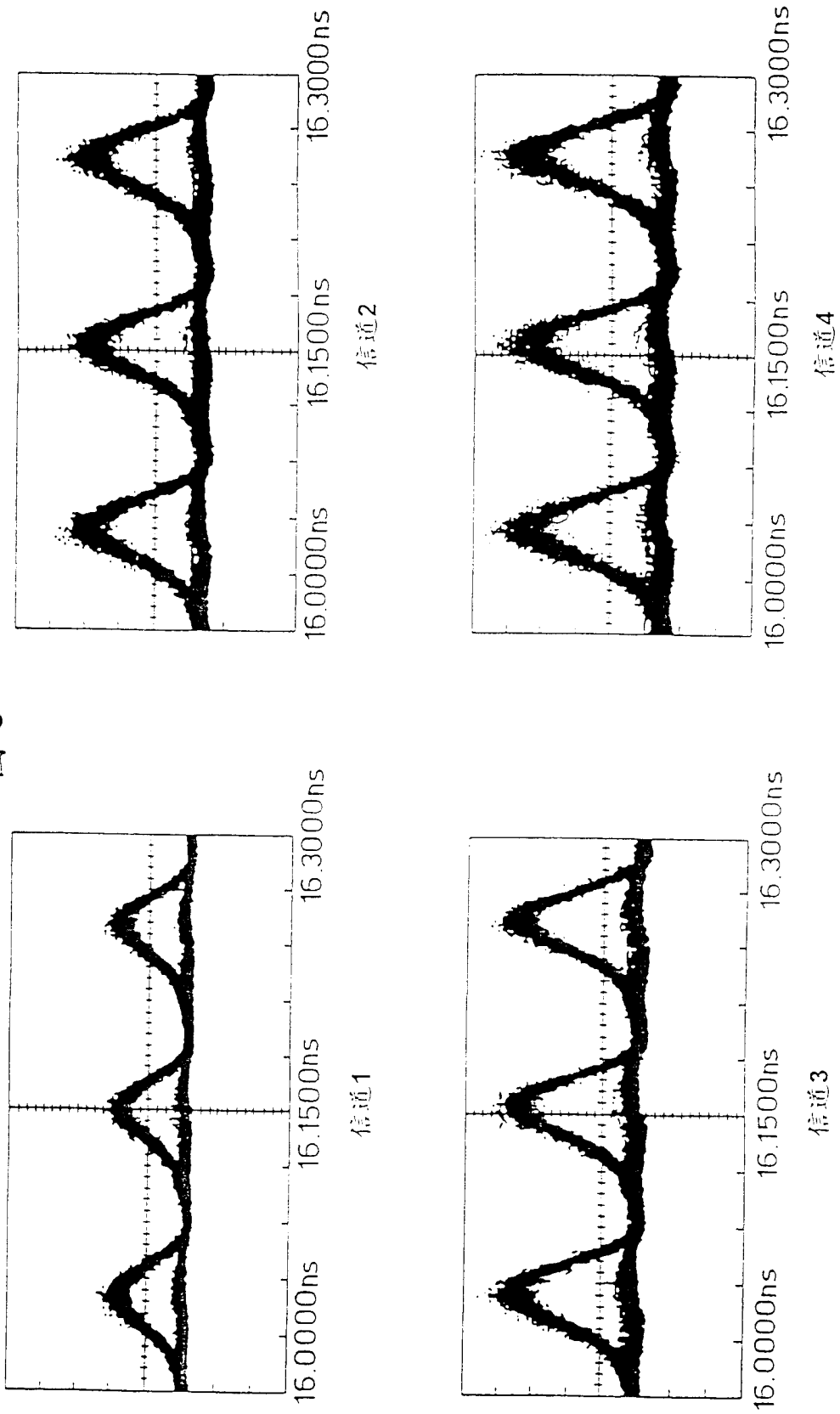


图 4

图 5



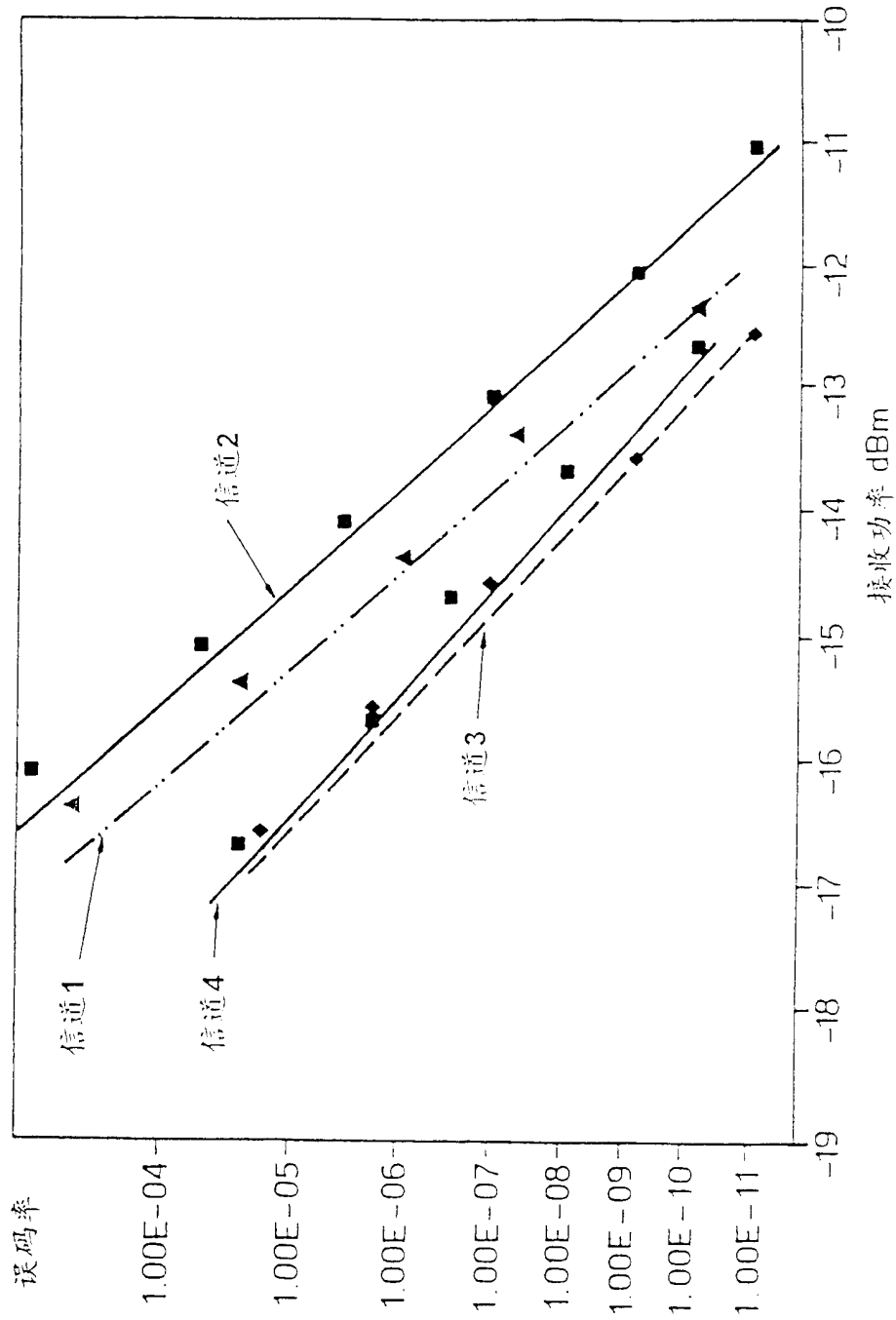


图 6

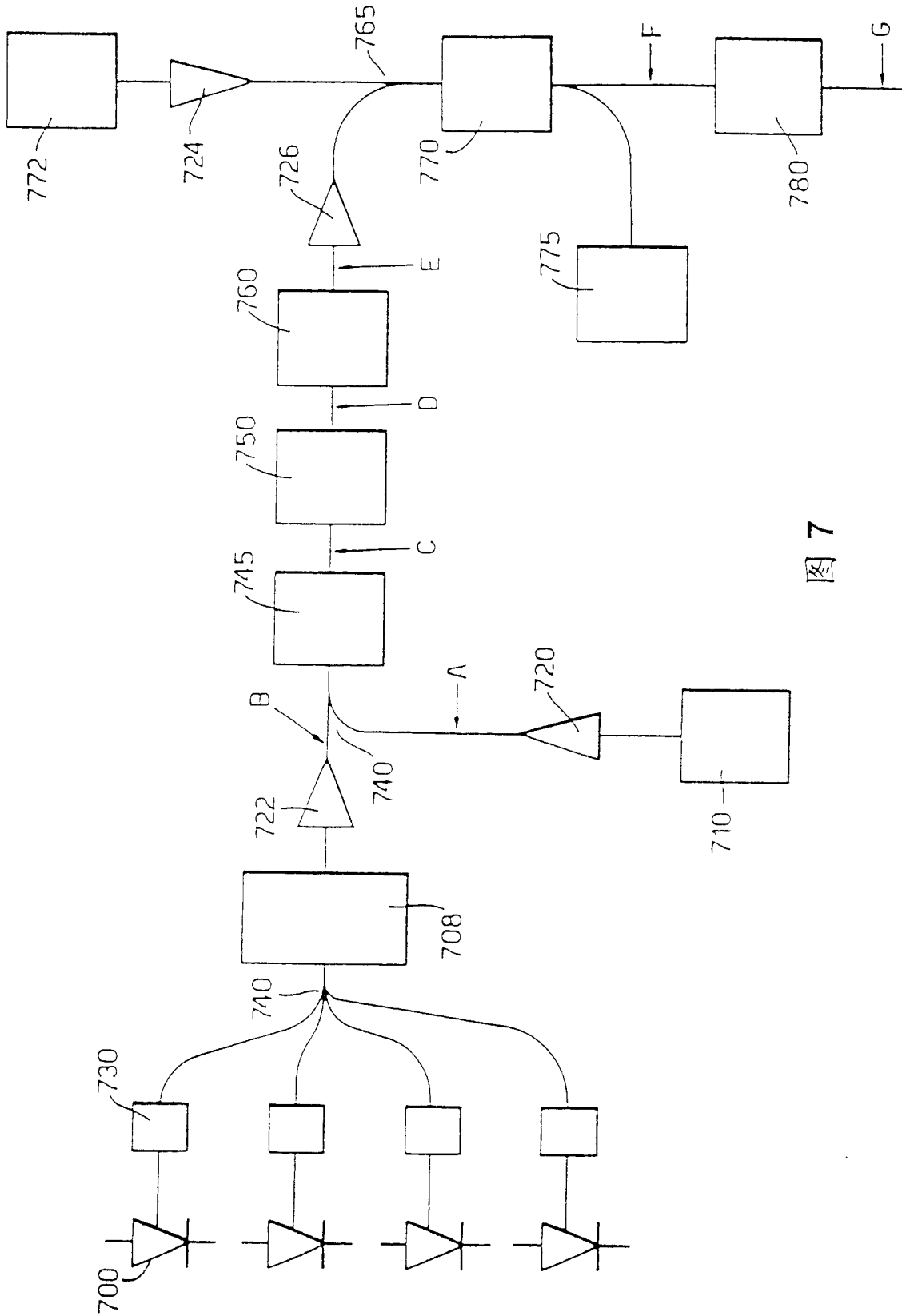


图 7

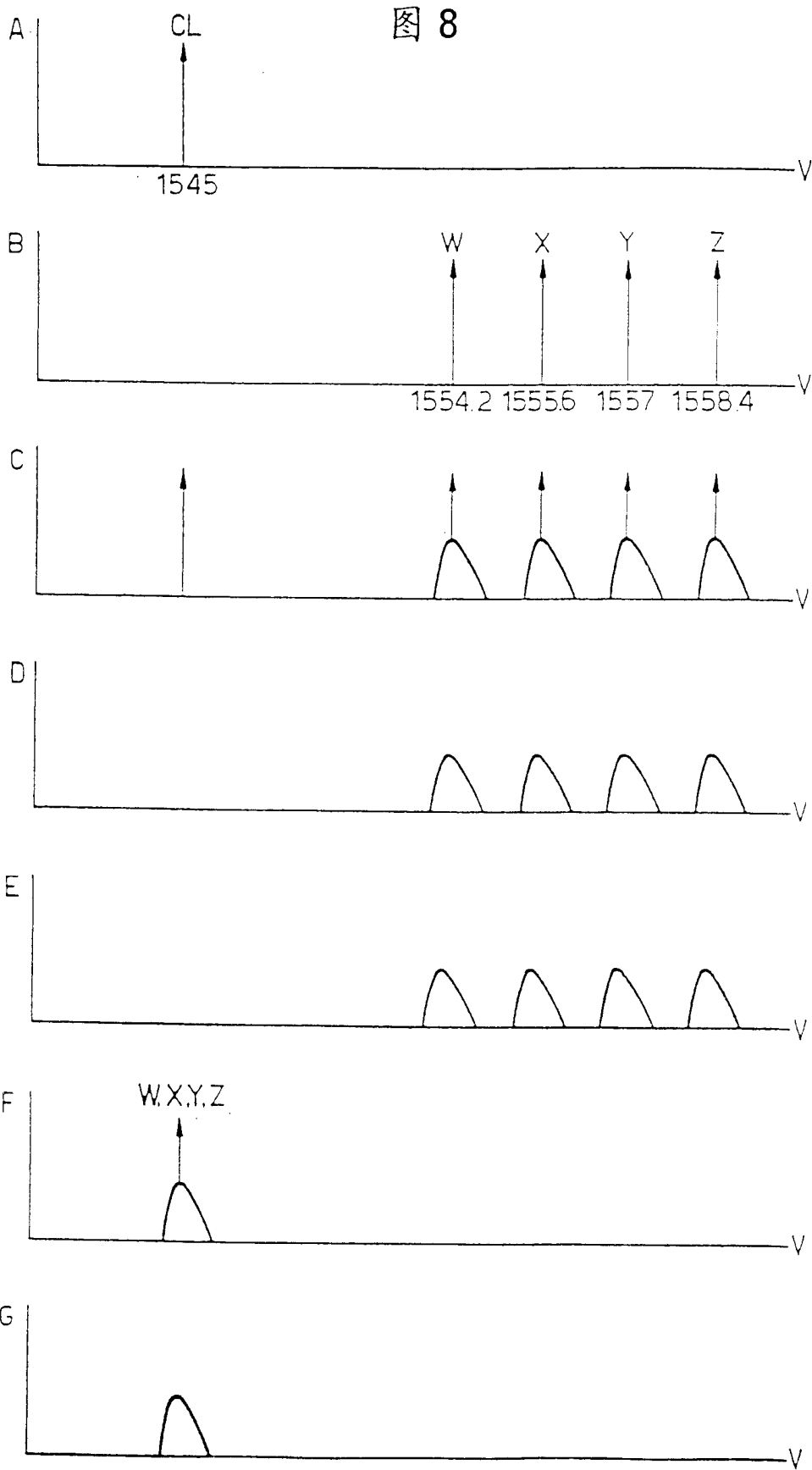


图 9

