

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04J 14/02

G02F 1/01

H04B 10/12

H04B 10/04

H04B 10/06



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02111666.0

[45] 授权公告日 2005 年 10 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1223133C

[22] 申请日 2002.5.15 [21] 申请号 02111666.0

[71] 专利权人 华为技术有限公司

地址 518057 广东省深圳市科技园科发路华为
用户服务中心大厦

[72] 发明人 李长春 刘 玥

审查员 黄金龙

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

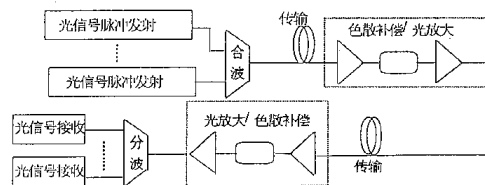
代理人 周 成

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 5 页

[54] 发明名称 光信号调制方法、波分复用光传输系统中传输方法及系统

[57] 摘要

本发明公开了一种光信号调制方法、波分复用光传输系统中传输方法及系统，在传输方法中，对所传输的多路啁啾脉冲光信号进行合波处理；对经合波处理后的光信号用传输光纤进行传输；将经传输光纤输出的光信号再进色散补偿和光放大；将经过色散补偿和放大后的光信号进行分波处理，分波处理后，再对光信号进行接收。本发明可以将 10Gbit/s、100G 间隔的密集波分复用系统的无电中继传输距离由相同链路配置，由原 400 公里左右提高到 3000 公里以上，将 40Gbit/s、100G 间隔的密集波分复用系统的无电中继传输距离由 200 公里提高到 1600 公里以上。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1、一种光信号的调制方法，其特征在于：将光发射模块中光强度脉冲产生器所发射归零码/非归零码光信号用相位调制器进行相位调制，再用时钟信号驱动器对经过相位调制后的光信号进行驱动，最后输出啁啾脉冲光信号。

2、如权利要求1所述的光信号的调制方法，其特征在于：在对光信号进行驱动调制时，采用驱动信号的变化过程由低到高变化的正向时钟驱动，或采用驱动信号的变化过程由高到低变化的反向时钟驱动。

3、如权利要求2所述的光信号的调制方法，其特征在于：所述的正向时钟驱动调制采用正电平脉冲驱动调制；反向时钟驱动调制采用负电平脉冲驱动调制。

4、如权利要求1至3任一项所述的光信号的调制方法，其特征在于：在对所要传输的光信号进行相位调制时可以采用直接调制、电吸收调制、或马赫-曾德调制方式。

5、一种经调制发射的啁啾脉冲光信号在超长距离波分复用光传输系统中的传输方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

a，对所要传输的多路啁啾脉冲光信号进行合波处理；

b，对经合波处理后的光信号用传输光纤进行传输；

c，将经传输光纤输出的光信号再进行色散补偿和光放大；

d，将经过色散补偿和放大后的光信号进行分波处理，分波处理后，再对光信号进行接收。

6、如权利要求5所述的传输方法，其特征在于，视所要传输光信号传输的距离的长短来重复所述的步骤c的中继次数，即，光信号经过色散补偿和放大的光信号可再次经过数级中继传输光纤，然后再进行色散补偿和放大。

7、一种超长距离波分复用光信号传输系统，该系统包括光信号发射模块、合波模块、传输光纤、色散补偿模块、光放大模块、分波模块、光信号接收模块，其中，所述的光信号发射模块含有连续激光发射器、强度调制器、数据信号驱动器，连续激光发射器发出的激光经由强度调制器进行强度调制，强度调制器由数据信号驱动器驱动，其特征在于：该光信号发射模块还包括相位调制器、时钟信号驱动器，相位调制器对经强度调制后的光信号再进行相位调制，输出啁啾信号，相位调制器

由时钟信号驱动器驱动。

8、如权利要求 7 所述的传输系统，其特征在于：该系统中，位于分波模块之前依次接有数级传输光纤、色散补偿模块、光放大模块。

9、如权利要求 7 所述的传输系统，其特征在于：该系统中，位于分波模块之前也可依次接有数级传输光纤、光放大模块、色散补偿模块。

10、如权利要求 7 或 8 或 9 所述的传输系统，其特征在于：所述的光信号脉冲发射模块可包括若干个；所述的光信号接收模块也可包括若干个。

光信号调制方法、波分复用光传输系统中传输方法及系统

技术领域

本发明涉及光信号的传输，更具体地指一种光信号调制方法、波分复用光传输系统中传输方法及系统。

背景技术

非归零码 NRZ (NRZ: Non-Return-To-Zero)和归零码 RZ (RZ: Return-To-Zero)是数字光传输系统中光信号脉冲的两种基本的码调制形式，它们具有技术成熟、应用广泛、成本低等特点，但由于噪声和非线性效应对传输光信号质量的影响，为了保证误码特性满足要求，每传输 500~600km 必须进行电的再生，缩小放大器中继间距可以减缓系统信噪比的劣化，使无电中继的传输距离延长，但频繁的光放中继会使得系统的建设、维护成本过高而不被接受。电的再生不仅增加了系统的成本、影响了业务提供的速度，而且影响了业务的透明性、可升级性。随着全光网络的发展和降低成本、提高业务灵活性的需求增加，超长距离传输技术成为研究重点，目前研究的热点主要有喇曼放大器，色散管理方法，码型研究等。

超长距离无电中继传输的关键是降低噪声和非线性效应的影响，提高传输光信号的信噪比。提高光纤中传输光信噪比和降低误码率的一个有效方法是提高光波功率，但功率的提高会引起非线性效应的累积，限制了传输距离的延长。

发明内容

针对上述光信号在超长距离的传输中存在的问题，本发明的目的是提供光信号调制方法、波分复用光传输系统中传输方法及系统。

为了实现上述目的，

本发明的光信号调制方法采用将光发射模块中光强度脉冲产生器所发射归零码/非归零码光信号先用相位调制器进行相位调制，再用时钟信号驱动器对经过相位调制后的光信号进行驱动，最后输出啁啾脉冲光信号。

在对光信号进行驱动调制时，采用驱动信号的变化过程由低到高变化的正向时钟驱动，或采用驱动信号的变化过程由高到低变化的反向时钟驱动。

所述的正向时钟驱动调制采用正电平脉冲驱动调制；反向时钟驱动调制采用负电平脉冲驱动调制。

在对所要传输的光信号进行相位调制时可以采用直接调制、电吸收调制、或马赫—曾德调制方式。

本发明的波分复用光传输系统中的传输方法进一步包括以下步骤：

a, 对所要传输的多路啁啾脉冲光信号进行合波处理；

b, 对经合波处理后的光信号用传输光纤进行传输；

c, 将经传输光纤输出的光信号再进行色散补偿和光放大；

d, 将经过色散补偿和放大后的光信号进行分波处理，分波处理后，再对光信号进行接收。

视所要传输光信号传输的距离的长短来重复所述的步骤 c 的中继次数，即，光信号经过色散补偿和放大的光信号可再次经过数级中继传输光纤，然后再进行色散补偿和放大。

本发明的波分复用光信号传输系统包括光信号发射模块、合波模块、传输光纤、色散补偿模块、光放大模块、分波模块、光信号接收模块，其中，所述的光信号发射模块含有连续激光发射器、强度调制器、数据信号驱动器，连续激光发射器发出的激光经由强度调制器进行强度调制，强度调制器由数据信号驱动器驱动，其特征在于：该光信号射模块还包括相位调制器、时钟信号驱动器，相位调制器对经强度调制后的光信号再进行相位调制，输出啁啾信号，相位调制器由时钟信号驱动器驱动。

在上述系统中，位于分波模块之前依次接有数级传输光纤、色散补偿模块、光放大模块。

上述系统中，位于分波模块之前也可依次接有数级传输光纤、光放大模块、色散补偿模块。

所述的光信号脉冲发射模块可包括若干个；所述的光信号接收模块也可包括若干个。

本发明由于采用了上述的光信号调制方法，采用将光发射模块中光强度脉冲

产生器所发射归零码/非归零码光信号先用相位调制器进行相位调制，再用时钟信号驱动器对经过相位调制后的光信号进行驱动，最后输出啁啾脉冲光信号；以及将上述调制方法所产生的光信号，再以本发明的传输方法，对所要传输的多路啁啾脉冲光信号进行合波处理；对经合波处理后的光信号用传输光纤进行传输；将经传输光纤输出的光信号再进色散补偿和光放大；将经过色散补偿和放大后的光信号进行分波处理，分波处理后，再对光信号进行接收；以及光信号在本发明的传输系统进行传输后，可以有效地抑制受激布里渊散射，其边模成分也得到调节；时域脉冲的展宽使得脉冲峰值功率降低，自相位调制也得到抑制，因此非线性效应得到有效抑制；此外还可以通过调节相位调制的深度来控制信号光谱的展宽。利用本发明方法及系统可以将 10Gbit/s、100G 间隔的密集波分复用系统的无电中继传输距离由相同链路配置，由原 400 公里左右提高到 3000 公里以上，将 40Gbit/s、100G 间隔的密集波分复用系统的无电中继传输距离由 200 公里提高到 1600 公里以上。

附图说明

图 1 为本发明的光信号调制方法（适用于归零或非归零码）示意图。

图 2 为本发明的传输方法及传输系统示意图。

图 3 为在本发明方法中，利用正电平调制波形示意图。

图 4 为在本发明方法中，利用负电平调制波形示意图。

图 5 为无相位调制的脉冲光谱分布图。

图 6 为弱相位调制的脉冲光谱分布图。

图 7 为强相位调制后的脉冲光谱分布图。

图 8 为本发明的激光发射调制模块原理示意图（非归零码）。

图 9 为本发明的激光发射调制模块原理示意图（归零码）。

具体实施方式

请参阅图 1 所示，本发明的光信号调制方法采用将光发射模块中光强度脉冲产生器所发射归零码（RZ）/非归零码（NRZ）光信号先用相位调制器进行相位调制，再用时钟信号驱动器对经过相位调制后的光信号进行驱动，最后输出啁啾脉冲光信号。

在对光信号进行驱动调制时，采用驱动信号的变化过程由低到高变化的正向时钟驱动，或采用驱动信号的变化过程由高到低变化的反向时钟驱动。

作为正向时钟信号驱动和反向时钟信号驱动的方式之一，在本发明中采用了正负电平进行驱动。即所述的正向时钟驱动调制采用正电平脉冲驱动调制；反向时钟驱动调制采用负电平脉冲驱动调制。图 3、4 分别示意了经过正负相位调制后的光信号脉冲及其啁啾波形图(依次从上向下)，调制后的信号横过脉冲产生了余弦函数变化的啁啾，可以看到在很大脉冲时间周期内啁啾为近线性的。通过改变时钟驱动信号电压的符号，可以改变相位调制后产生的啁啾的方向，经正向电压调制，产生的啁啾在脉冲前沿为频率增大，后沿为频率减小，图 4 为负电平调制，产生的啁啾在脉冲前沿为频率减小，后沿为频率增大。经相位调制后的光信号通过合波器进入传输光纤。

在对所要传输的光信号进行相位调制时可以采用直接调制、电吸收调制、或马赫—曾德调制方式。

请再参阅图 2 所示，本发明的波分复用光传输系统中的传输方法进一步包括以下步骤：

- a, 对所要传输的多路啁啾脉冲光信号进行合波处理；
- b, 对经合波处理后的光信号用传输光纤进行传输；
- c, 将经传输光纤输出的光信号再进行色散补偿和光放大；
- d, 将经过色散补偿和放大后的光信号进行分波处理，分波处理后，再对光信号进行接收。

视所要传输光信号传输的距离的长短来重复所述的步骤 c 的中继次数，即，光信号经过色散补偿和放大的光信号可再次经过数级中继传输光纤，然后再进行色散补偿和放大。

通常进行强度调制后输出的数字信号光信号脉冲为非归零码输出信号，该光信号脉冲的表示式为：

$$E = a_n \exp(-j\omega_c t), a_n = [0,1], \omega \text{ 为光波角频率}$$

通过正弦时钟信号对强度脉冲信号进行相位调制，并输出啁啾信号，相位调制产生的相应的相位变化为：

$$\Delta\varphi = A \sin(r_b t / 2), (n-1) \cdot \frac{1}{r_b} \leq t < n \cdot \frac{1}{r_b}, r_b \text{ 为数据传输速率}$$

那么经相位调制后，信号光强表示式变为：

$$E = a_n \exp[-j\omega_c t + \int \Delta\omega_i \cdot dt], \Delta\omega_i \text{ 为相位调制后生成的啁啾}$$

则经相位调制后的强度脉冲将被附加上余弦形状的啁啾，啁啾变化以数据信号周期为周期，即 $1/r_b$ ，啁啾表示为：

$$\Delta\omega_i = \frac{\partial\varphi}{\partial t} A * \cos(r_b t / 2)$$

请继续参阅图 2 所示，本发明的波分复用光信号传输系统包括光信号发射模块、合波模块、传输光纤、色散补偿模块、光放大模块、分波模块、光信号接收模块，其中，所述的光信号发射模块含有连续激光发射器、强度调制器、数据信号驱动器，连续激光发射器发出的激光经由强度调制器进行强度调制，强度调制器由数据信号驱动器驱动，其特征在于：该光信号射模块还包括相位调制器、时钟信号驱动器，相位调制器对经强度调制后的光信号再进行相位调制，输出啁啾信号，相位调制器由时钟信号驱动器驱动。

在上述系统中，位于分波模块之前依次接有数级传输光纤、色散补偿模块、光放大模块。

上述系统中，位于分波模块之前也可依次接有数级传输光纤、光放大模块、色散补偿模块。

所述的光信号脉冲发射模块可包括若干个；所述的光信号接收模块也可包括若干个。

需要说明的是，在归零码/非归零码的光传输系统中，均可有效抑制非线性效应，延长光传输系统的无电中继传输距离。

本发明的传输系统中的合波器可以是介质模的，也可以是平面波导型的，主要用于把各种不同波长的光信号耦合进同一根传输光纤，提高光纤的利用率；传输光纤可以是标准单模光纤，也可以是零色散光纤或非零色散位移光纤。由于带有啁啾的光信号的频谱成分进行了重新分布，请分别参阅图 5—图 7 所示。一方面其中中心载波频率成分的光强分量大大减小，可以有效地抑制受激布里渊散射(SBS: Stimulated Brillouin Scattering)；另一方面，其边模成分也得到调节，光谱被展宽，

可以减小由于四波混频（FWM: Four-Wave-Mixing）和交叉相位调制（CPM: Cross-Phase-Modulation）效应引起的相干串扰；同时，由于色散的作用，时域脉冲的展宽使得脉冲峰值功率降低，自相位调制（SPM: Self-Phase-Modulation）也得到抑制。因此非线性效应得到有效抑制。可以通过调节相位调制的深度来控制信号光谱的展宽。此外，反向时钟信号相位调制产生的啁啾可以抵消部分由色散引起的啁啾。本发明系统中，色散补偿模块和光放大器模块完成光信号的色散补偿和光信号的放大，色散补偿模块由色散补偿光纤、色散补偿光栅或其他色散补偿器件组成，光放大器可以是掺铒光纤放大器（EDFA）、半导体光放大器（SOA）或喇曼放大器（RAMAN）。

光信号脉冲经过多个由传输光纤，色散补偿模块和光放大器模块组成的光中继段传输后，由分波器把不同波长的光信号分配到不同的光接收模块，实现光信号的高速大容量长距离传输。这里的分波器可以是介质模的，可以是光纤光栅型的，也可以是平面波导型的。

最后，请结合图 8、图 9 所示，在该系统中，强度调制器可以是电吸收调制器，也可以是马赫-曾德（MZ）制器，强度调制器输出非归零码/归零码光信号脉冲，与数据信号同步的时钟信号驱动相位调制器，使得相位调制器的折射率随时间变化，从而强度脉冲信号在通过相位调制器的过程中，相位发生相应变化，光强度脉冲信号被附加上适当的啁啾。带有适当啁啾的光信号脉冲经过本发明的系统传输，可以有效地抑制非线性效应。

本发明的方法及系统经过了有效地验证，如：10Gbs 传输速率，80 公里补偿间距，色散完全补偿，功率完全补偿的传输系统在 5dBm 的入纤功率下，正向电压调制时，非线性受限距离可由没有相位调制的 400 公里左右提高到 2000 公里左右，负电压调制，可以提高到 3000 公里以上。对于 40Gbs 传输速率，在负电压调制下，非线性受限距离可由无相位调制的 200 公里左右提高到 1600 公里以上。可见，负电压调制更加有效。

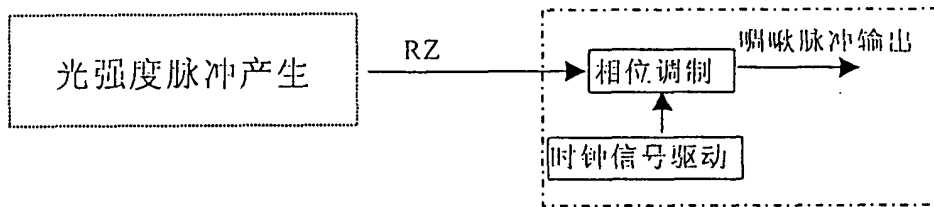


图 1

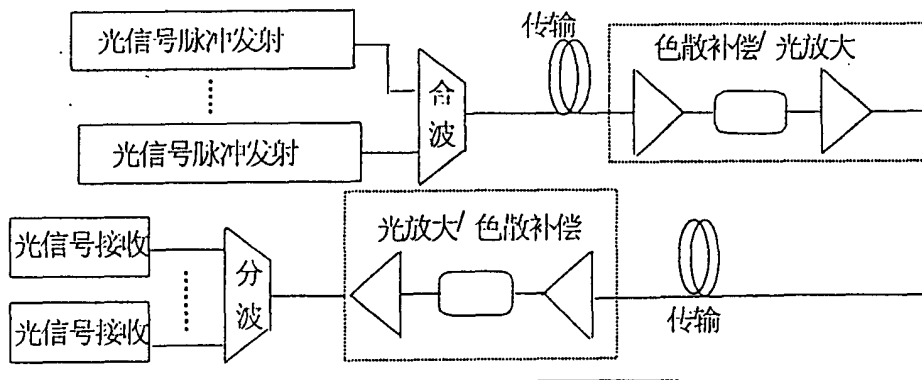


图 2

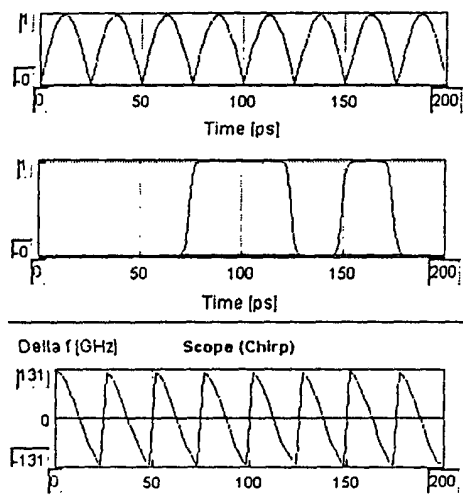


图 3

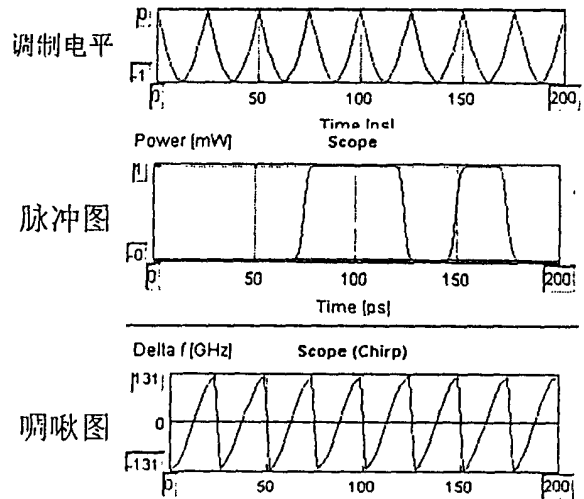


图 4

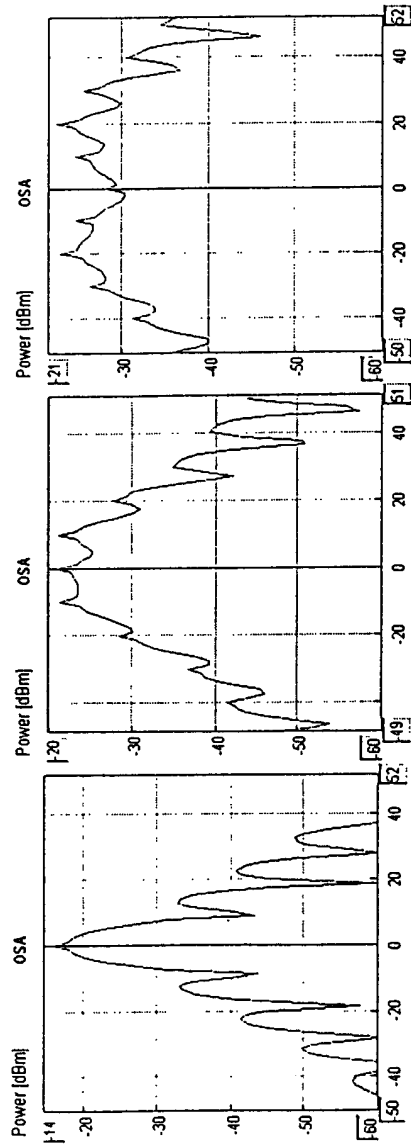


图 5

图 6

图 7

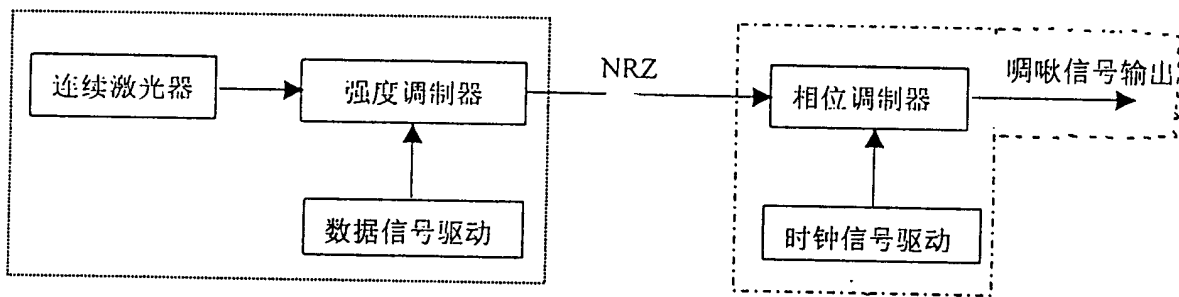


图 8

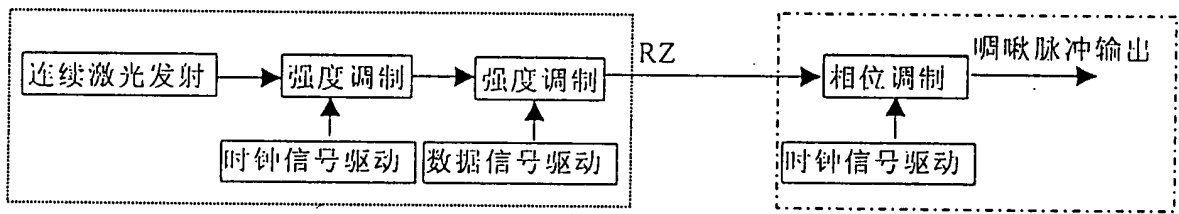


图 9