

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H04B 10/12

G02F 1/39



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02125077.4

[45] 授权公告日 2005 年 8 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 1213552C

[22] 申请日 2002.7.10 [21] 申请号 02125077.4

[71] 专利权人 华为技术有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区科技园科  
发路 1 号华为用服中心大厦

[72] 发明人 李长春

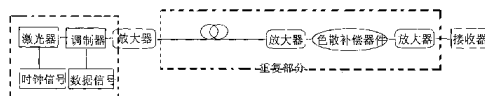
审查员 江 红

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称 归零码超长距离传输方法及装置

[57] 摘要

本发明公开一归零码超长距离传输方法及装置，用与数据信号同步的时钟信号直接调制激光器，以产生 RZ 光脉冲信号；并且使得输出的 RZ 光脉冲信号带有随时间变化的频率，也就是啁啾；该啁啾的符号与 RZ 光脉冲信号在光纤中传输的过程中因非线性自相位调制 (SPM) 产生的啁啾符号相反。与现有的 RZ 码传输方案相比，节省了 RZ 脉冲产生调制器和相应的专用驱动器；而调制后激光器输出的 RZ 信号中的啁啾的符号与 RZ 光脉冲信号在光纤中传输的过程中因 SPM 效应产生的啁啾符号相反，二者正好可以相互抵消，从而使得传输距离可以更长。



ISSN 1008-4274

1、一种归零码超长距离传输方法，其特征是包括如下步骤：

(1)、用与数据信号同步的时钟信号直接调制激光器，用来产生归零码光脉冲信号，并且使得输出的归零码光脉冲信号带有随时间变化的频率，也就是啁啾；该啁啾的符号与归零码光脉冲信号在光纤中传输的过程中因非线性自相位调制效应产生的啁啾符号相反；

(2)、用数据信号通过调制器对步骤(1)中产生的归零码光脉冲信号进行调制，把待传信息调制在归零码光脉冲信号上；

(3)、将步骤(2)中产生的归零码光脉冲信号在光纤中传输，并在光纤的另一端用接收器进行接收，实现信号的传输。

2、如权利要求1所述的归零码超长距离传输方法，其特征是：步骤(3)中的光纤可以是普通单模光纤 SMF、零色散位移光纤 DSF 或非零色散位移光纤 NZDSF。

3、如权利要求1或2所述的归零码超长距离传输方法，其特征是：在其中步骤(3)，归零码光脉冲信号在光纤中传输过程中，还用光放大器进行放大、用色散补偿器件进行色散补偿。

4、如权利要求1或2所述的归零码超长距离传输方法，其特征是：所述激光器是直调激光器或分布反馈激光器。

5、如权利要求1或2所述的归零码超长距离传输方法，其特征是：利用多个不同波长激光器或者一个可发射多种波长的激光器，经过步骤(1)、(2)把待传信息调制在多个归零码光脉冲信号上后，在步骤(3)中把多个归零码光脉冲信号经同一光纤传输，实现密集波分复用。

6、一种归零码超长距离传输装置，包括激光器、数据信号调制器、传输光纤和接收器，其特征是：

还包括激光器直接调制装置，用与数据信号同步的时钟信号直接调制激光器，以产生归零码光脉冲信号；并且使得输出的归零码光脉冲信号带有随时间变化的频率，也就是啁啾；该啁啾的符号与归零码光脉冲信号在光纤中传输的过程中因非线性自相位调制效应产生的啁啾符号相

反;

所述数据信号调制器用于用数据信号通过调制器对激光器产生的归零码光脉冲信号进行调制,把待传信息调制在归零码光脉冲信号上;

所述传输光纤用于将传输上述经数据信号调制器调制后的归零码光脉冲信号;

接收器设置于光纤的另一端。

7、如权利要求6所述的归零码超长距离传输装置,其特征是:所述传输光纤可以是普通单模光纤SMF、零色散位移光纤DSF或非零色散位移光纤NZDSF。

8、如权利要求6或7所述的归零码超长距离传输装置,其特征是:还包括光放大器和色散补偿器件,分别用于在传输过程中对归零码光脉冲信号进行放大和色散补偿。

9、如权利要求6或7所述的归零码超长距离传输装置,其特征是:所述激光器是直调激光器或分布反馈激光器。

10、如权利要求6或7所述的归零码超长距离传输装置,其特征是:所述激光器包括多个不同波长激光器或者一个可发射多种波长的激光器。

## 归零码超长距离传输方法及装置

### 技术领域:

本发明涉及一种归零码 (NRZ) 光信号超长距离传输方法及装置。

### 背景技术:

在光传输系统中应用的信号传输码型通常为 NRZ (非归零码) 和 RZ 两种, NRZ 码 “1” 脉冲的宽度等于传输信号的 1 比特周期, RZ 码的 “1” 脉冲的宽度小于传输信号 1 比特周期的一半。因为 NRZ 编码的传输技术成本较低, 大多数商用的光传输系统是利用 NRZ 码的 SDH/SONET (光同步数字传输网) 或 DWDM (密集波分复用) 系统。

然而, NRZ 码光传输系统的传输距离受到限制, 通常传输 500—600km 后由于 OSNR (光信噪比) 恶化难以正确接收而需要电的再生 (包括光电转换、时钟恢复和整形), 使系统的建设成本增加。减小光放大器间距或提高每个通道信号功率可以延长传输距离, 光放大器间距的减小可以提高放大器的入纤功率因而提高了 OSNR, 但会增加系统的建设成本和维护成本; 每通道信号功率的提高同样会增加 OSNR, 但提高功率引起的非线性效应使传输波形发生畸变, 限制了这一技术在 DWDM 系统中的应用。

实现超长距离传输的一种技术是利用 RAMAN (拉曼) 放大器代替 EDFA (掺饵光纤放大器), RAMAN 放大器利用了光纤中的 RAMAN 效应, 在得到宽谱宽放大的同时, 放大器的噪声指数也比 EDFA 小, 而且 RAMAN 放大器还可以利用传输光纤 (携带传输信号的光纤) 来实现分布式放大, 降低了对入纤功率的要求, 非线性效应也得到抑制。如图 1 所示是一般超长距离传输的拓扑结构, 连续波激光器输出满足 ITU-T 规定波长和功率的光信号, 经过调制器把待传输信号调制在光信号上, 上述的激光器和调制器可以集成在一起, 调制器一般是电吸收的 (EA) 或 Mach-Zender 型铌酸铯调制器, 也可以把待传输信号直接调制在激光器上。携带信息的

光信号经过放大后输入到传输光纤，经过通常 80—120km 的传输后，光放大器把衰减后的光信号进行放大，色散补偿器件进行色散补偿，恢复由于色散引起的波形展宽，恢复其原始波形，再经过放大放大恢复其原始功率，再输入传输光纤、光放大器、色散补偿器件、光放大器等，这种过程一直进行直到到达信号的接收端，接收器完成光信号到电信号的转换，再经过时钟和数据提取得到传输信息，完成信息的超长距离传输。为了实现超长距离传输，图 1 中的放大器可以是 RAMAN 放大器或 RAMAN 放大器与 EDFA 放大器的组合，这种技术存在如下缺点：1、成本高，因为 RAMAN 放大器利用光纤中的非线性效应，转换效率低，要实现光信号的放大，泵浦功率较大，一般达到 1W 以上，大功率的泵浦带来成本的提高。2、安全性差，如 1 中所述，大功率的泵浦引起安全隐患。3、系统维护困难，同样由于大泵浦功率对系统维护提出了更高要求，如光纤端面不清洁会损坏端面等。

另一种实现超长距离传输的技术是光孤子传输，孤子脉冲宽度大约 30ps，由于非线性效应与色散补偿技术的综合作用，在光纤中经过数万公里的传输，脉冲形状保持不变。如果要实现孤子传输，图 1 中的激光器和调制器需要特殊设计，因而成本增加，而且为了实现孤子传输，光放大器必须间隔较小，来保持所需要的光功率，许多级联的光放大器噪声的累积会引起孤子的时间抖动（GORDON-HAUS 效应，GH 效应），减小 GH 效应必须额外的特殊设计的滤波器，因此系统的复杂性和成本增加。因此经过 20 多年的研究，孤子系统仍然没有达到实用。

RZ 编码技术也是实现超长距离传输的有效手段，在相同平均功率的情况下，RZ 码的脉冲功率提高了 3dB，从而提高了接收机的接收灵敏度，而且 RZ 脉冲之间的间距较大，可以抑制 PMD（偏振模色散）的影响。图 1 中的激光器部分由 RZ 脉冲发生器取代就可以实现 RZ 码传输，如图 2 所示。激光器输出满足 ITU-T 要求的波长和功率的光信号经过与时钟信号调制器调制，输出与数据信号同步的 RZ 脉冲，在经过数据调制器调制，把待传输数据调制在光信号上，实现 RZ 码光信号的传输。该实现方案具有如下缺点：1、在与 NRZ 码相同平均功率的情况下，RZ 脉冲的功率较高，易引起非线性效应，使波形发生畸变，影响信号质量。2、实现成本较高。

### 发明内容:

本发明的目的是提供一种归零码超长距离传输方法及装置,成本低,传输距离长。

为实现上述目的,本发明提出一种归零码超长距离传输方法及装置  
所述归零码超长距离传输方法包括如下步骤:

(1)、用与数据信号同步的时钟信号直接调制激光器,用来产生 RZ (即归零码) 光脉冲信号,并且使得输出的 RZ 光脉冲信号带有随时间变化的频率,也就是啁啾;该啁啾的符号与 RZ 光脉冲信号在光纤中传输的过程中因非线性自相位调制 (SPM) 效应产生的啁啾符号相反;

(2)、用数据信号通过调制器对步骤 (1) 中产生的 RZ 光脉冲信号进行调制,把待传信息调制在 RZ 光脉冲信号上;

(3)、将步骤 (2) 中产生的 RZ 光脉冲信号在光纤中传输,并在光纤的另一端用接收器进行接收,实现信号的传输。

所述归零码超长距离传输装置包括激光器、数据信号调制器、传输光纤和接收器,其特征是:还包括激光器直接调制装置,用于用与数据信号同步的时钟信号直接调制激光器,以产生 RZ 光脉冲信号;并且使得输出的 RZ 光脉冲信号带有随时间变化的频率,也就是啁啾;该啁啾的符号与 RZ 光脉冲信号在光纤中传输的过程中因非线性自相位调制效应产生的啁啾符号相反;所述数据信号调制器用于用数据信号通过调制器对激光器产生的 RZ 光脉冲信号进行调制,把待传信息调制在 RZ 光脉冲信号上;所述传输光纤用于将传输上述经数据信号调制器调制后的 RZ 光脉冲信号;接收器设置于光纤的另一端。

由于采用了以上的方案,直接对激光器进行调制,与现有的 RZ 码传输方案相比,节省了 RZ 脉冲产生调制器和相应的专用驱动器;而调制后激光器输出的 RZ 信号中的啁啾的符号与 RZ 光脉冲信号在光纤中传输的过程中因非线性 SPM 效应产生的啁啾符号相反,二者正好可以相互抵消,从而使得传输距离可以更长。

### 附图说明:

图 1 是现有超长距离传输的一般拓扑结构示意图。

图 2 是现有技术 RZ 码信号的产生示意图。

图 3 是本发明 RZ 码光传输系统的结构示意图。

图 4 是带有啁啾的 RZ 脉冲示意图。

具体实施方式：

下面通过具体的实施例并结合附图对本发明作进一步详细的描述。

如图 3 所示，该超长距离传输装置包括激光器直接调制装置、激光器、数据信号调制器、传输光纤和接收器，所述用于激光器直接调制装置实际上就是一个时钟信号加上一个通用放大器，它利用与数据信号同步的时钟信号直接调制激光器，以产生 RZ 光脉冲信号；并且使得输出的 RZ 光脉冲信号带有随时间变化的频率，也就是啁啾；该啁啾的符号与 RZ 光脉冲信号在光纤中传输的过程中因非线性 SPM 效应产生的啁啾符号相反；数据信号调制器用于用数据信号通过调制器对激光器产生的 RZ 光脉冲信号进行调制，把待传信息调制在 RZ 光脉冲信号上；传输光纤用于将传输上述经数据信号调制器调制后的 RZ 光脉冲信号；接收器设置于光纤的另一端。与现有传输装置相比可见，本发明的一个重要特点是其特殊的 RZ 码产生技术——直接对激光器进行调制，并利用这种特殊 RZ 码实现了超长距离传输。传输线路中的光放大器只需要现在已经成熟的 EDFA 放大器，系统结构也与 NRZ 码的传输系统相同，接收器与 NRZ 接收机相同。因此系统的实现方式比其他超长距离实现方式简单，成本低。

所述传输光纤可以是普通单模光纤（SMF）、零色散位移光纤（DSF）或非零色散位移光纤（NZDSF）。

传输线路中还可设置光放大器和色散补偿器件，分别用于在传输过程中对 RZ 光脉冲信号进行放大和色散补偿。

为了保证啁啾的符号和非线性 SPM 效应所产生的啁啾符号相反，所述激光器需要采用直调激光器或 DFB（分布反馈）激光器。

其传输方法是：用与数据信号同步的时钟信号直接驱动激光器；输出的 RZ 脉冲经过数据调制器把待传信息调制在光信号上；用产生的 RZ 脉冲在光纤中传输，并在光纤的另一端用接收机进行接收，实现信号的

传输。

本发明中，从数据调制器输出的 RZ 脉冲不同于一般 RZ 脉冲，带有随时间变化的频率（也就是啁啾），如图 4 所示。图 4 中的实线表示 RZ 脉冲信号，点划线是 RZ 脉冲的啁啾信号，浅色虚线则是由于非线性自相位调制 (SPM) 效应经过 400km 传输后累积的啁啾，入纤功率只有 0dBm (1mw)，这种啁啾会引起传输波形的畸变，影响传输质量。但是在本发明的方案中，SPM 效应产生的啁啾与 RZ 码本身的啁啾符号相反，因此这种带有啁啾的 RZ 码具有抵消非线性效应作用的能力，起到抑制非线性的作用。

本发明的另一个特点是不仅可以在普通单模光纤上实现超长距离传输，而且可以在非零色散位移光纤、零色散位移光纤等其他类型的光纤上实现超长距离传输。

本传输装置还可在同一根光纤上实现同方向的 DWDM 传输系统，这只需选用满足 ITU-T 标准的不同波长激光器（多个不同波长的激光器或者一个可发射多种波长的激光器），按上述方式进行调制、传输即可。

与现有技术中的 RZ 码传输方案相比，本发明有如下优点：

1、实现成本低，比较普通 RZ 码传输系统，该专利利用了较少的器件，而且器件技术成熟。如图 2 所示的现有技术需要多一个脉冲产生调制器和相应的专用驱动器。

2、不同 RAMAN 放大器，减少了 RAMAN 放大器带来的一系列问题。

3、适用于不同类型的光纤。

4、与大量商用的 NRZ 码系统结构相同，可以对此类系统直接升级。（用图 2 所示的现有技术虽然也可以直接升级，但升级时成本高、传输距离小。）

本发明的方案经过软件模拟和系统实验，在普通单模光纤上不用 RAMAN 放大器实现 4000km 无电中继超长距离传输，在零色散光纤上实现 1280km 无电中继超长距离传输。



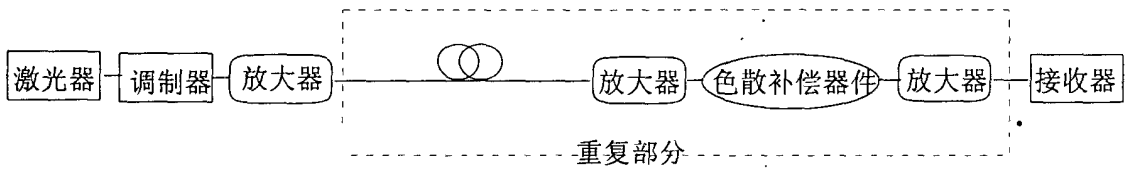


图1

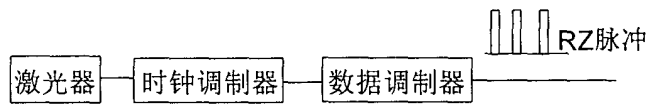


图2

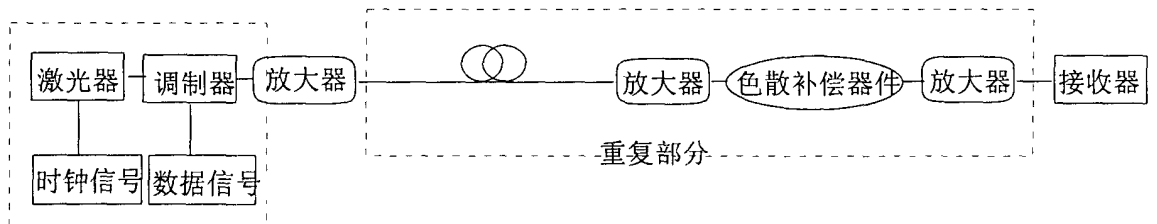


图3

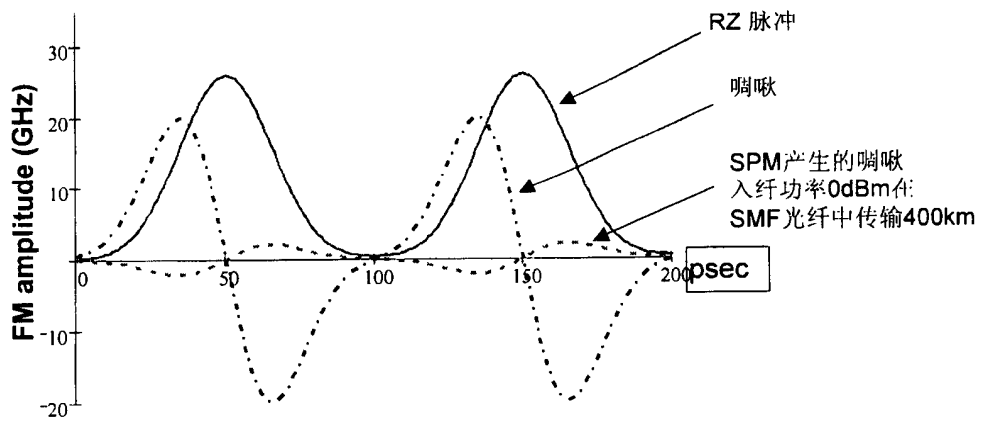


图4