



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114061736 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 25

(21) 申请号 202111366242.9

CN 104034409 A, 2014.09.10

(22) 申请日 2021.11.18

CN 107782438 A, 2018.03.09

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 107063433 A, 2017.08.18

申请公布号 CN 114061736 A

US 2013188176 A1, 2013.07.25

US 2019234832 A1, 2019.08.01

(43) 申请公布日 2022.02.18

CN 103727968 A, 2014.04.16

(73) 专利权人 北京邮电大学

CN 111998933 A, 2020.11.27

地址 100876 北京市海淀区西土城路10号

何祖源 等. 光纤分布式声波传感器原理与应用. 《激光与光电子学发展》. 2021, 第58卷 (第13期), 第1-12页.

(72) 发明人 杨智生 洪小斌 伍剑 高霞

(51) Int. Cl.

审查员 魏晓坦

G01H 9/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 112713929 A, 2021.04.27

CN 106052730 A, 2016.10.26

CN 102636251 A, 2012.08.15

CN 107907151 A, 2018.04.13

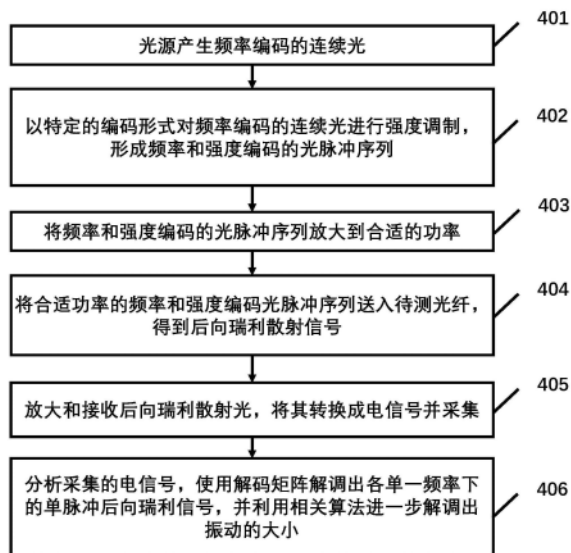
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调光纤传感方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调光纤传感方法及系统,其中方法包括:光源产生频率编码的连续光信号;对频率编码的连续光进行光强度编码,形成频率和强度编码的光脉冲序列;将频率和强度编码的光脉冲序列放大到合适的功率;将合适功率的频率和强度编码光脉冲序列送入待测光纤,得到后向瑞利散射信号;接收后向瑞利散射光,将其转换成电信号并采集,使用解码矩阵解调出各单一频率下的单脉冲后向瑞利信号,并利用相关算法进一步解调出沿光纤光相位的大小分布。应用本发明提供的技术方案,无需相干探测即可解调瑞利光沿光纤的相位分布,具有探测稳定性高、时间利用率高、信噪比高和结构简单的特点。



1. 一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调光纤传感方法,其特征在于,包括以下步骤:

光源产生频率编码的连续光;所述光源的频率调制信号按特定的编码形式编码;所述光源在所述频率调制信号的驱动下,产生频率编码的连续光;

对所述频率编码的连续光进行强度编码,形成频率和强度编码的光脉冲序列;

将所述频率和强度编码的光脉冲序列放大到合适的功率;

将所述合适功率的频率和强度编码光脉冲序列送入待测光纤,得到后向瑞利散射信号;

接收所述后向瑞利散射光,将其转换成电信号并采集;

分析采集的所述电信号,使用解码矩阵解调出各单一频率下的单脉冲后向瑞利信号,并利用经典互相关算法解调出沿光纤光相位的大小分布;

其中,所述强度编码,包括产生特定编码形式的电脉冲信号;在所述特定编码形式的电脉冲信号的驱动下,将所述频率编码的连续光调制成强度编码的光脉冲序列;所述电脉冲信号,包括所述电脉冲信号和所述频率调制信号同步;所述电脉冲信号的编码格式为非周期编码;所述电脉冲信号的峰值强度根据已被频率编码的连续光强度大小合理设定,使得强度编码后,所述强度和频率编码光脉冲序列中每个脉冲强度一致。

2. 根据权利要求1所述的基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调光纤传感方法,其特征在于,所述光源产生频率编码的连续光,包括:

所述光源产生激光。

3. 根据权利要求2所述的基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调光纤传感方法,其特征在于,所述频率调制信号,包括:

所述频率调制信号的编码格式被合理设计,使得所述频率编码的连续光的任意频率间的差值都大于探测器带宽,以防止不同频率的响应在所述探测器内相干混叠,产生相干噪声和解码畸变。

4. 一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调光纤传感系统,其特征在于,所述系统包括:激光频率编码单元、光信号强度编码单元、光放大单元、环形器、待测光纤、探测和采集单元、数据处理单元,

所述激光频率编码单元,用于产生频率编码的连续光;

所述光信号强度编码单元,与所述激光频率编码单元同步,用于以特定的编码形式对所述频率编码的连续光进行强度调制,形成频率和强度编码的光脉冲序列;

所述光放大单元,用于将所述频率和强度编码的光脉冲序列放大到合适的功率;

所述环形器,用于将所述合适功率的频率和强度编码光脉冲序列送入待测光纤,得到后向瑞利散射信号;

所述探测和采集单元,用于接收所述后向瑞利散射光,将其转换成电信号并采集;

所述数据处理单元,用于分析采集的所述电信号,使用解码矩阵解调出各单一频率下的单脉冲后向瑞利信号,并利用经典互相关算法解调出沿光纤光相位的大小分布;

其中,所述激光频率编码单元,包括激光器和频率调制电路;所述激光器,用于产生激光;所述频率调制电路,用于以特定的编码信号调制所述激光器,使所述激光器输出频率编码的连续光;其中,光信号强度编码单元,包括脉冲发生电路和强度电光调制器;所述脉冲

发生电路,与所述频率调制电路同步,用于产生特定编码形式的电脉冲信号;所述强度电光调制器,用于在所述电脉冲信号的驱动下,将所述频率编码的连续光调制成强度编码的光脉冲序列。

5.根据权利要求4所述的基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调光纤传感系统,其特征在于,所述强度和频率编码光脉冲序列中每个脉冲强度一致。

6.根据权利要求4所述的基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调光纤传感系统,其特征在于,所述光放大单元,包括第一光放大器和第一光滤波器,

所述第一光放大器,用于将所述频率和强度编码的光脉冲序列放大到合适的功率;

所述第一光滤波器,用于滤除所述第一光放大器引入的自发辐射噪声。

7.根据权利要求4所述的基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调光纤传感系统,其特征在于,所述探测和采集单元,包括:第二光放大器,第二光滤波器、光电探测器和采集卡,

所述第二光放大器,用于将所述后向瑞利散射光信号放大至合适功率;

所述第二光滤波器,用于提取被所述第二光放大器放大的后向瑞利散射光信号,并滤除带外噪声信号;

所述光电探测器,用于将所述后向瑞利散射光信号转化成电信号;

所述采集卡,用于收集所述后向瑞利散射电信号。

一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调光纤传感方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤传感技术领域,特别是涉及一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调光纤传感方法及系统。

背景技术

[0002] 相位敏感的光时域反射计(Phase Sensitive Optical Time Domain Reflectometry, Φ -OTDR)是一种基于光纤后向瑞利散射的分布式多径干涉仪,可实现对外界振动信号位置和相位的准确识别,具有体积小、易弯曲、远程测量、抗电磁干扰和灵敏度高优点,在油气勘探、轨道交通、智能电网、边境安防、地震检测等领域具有广泛的应用需求。

[0003] 现有技术中的基本结构如图1所示,采用直接探测方式,窄线宽激光器101发射的光信号经过强度调制器103被调制成脉冲作为泵浦光,经光放大器105放大后经环形器106从传感光纤107一端输入。反向传输的瑞利散射光经环形器106导入光探测器108检测转换为电信号,即可解出发生应变突变的位置。图1中所示现有技术中,在实际测量中,传感系统将单个光脉冲注入传感光纤中,并探测和处理后向散射的瑞利光信号,可实现微小温度或应变沿光纤分布的定性分析,但无法定量分析。

[0004] 现有技术改进技术一如图2所示,采用相干探测方式,发射的光脉冲可以是单一频率或频率渐变的啁啾脉冲,可定量解算出瑞利光相位沿光纤的分布,但要求光源线宽极窄,设备本身的振动会引入相干噪声,设备防振动要求高。

[0005] 现有技术改进技术二结构与图2类似,但调制光信号的脉冲采用编码脉冲,通过注入脉冲序列代替基本结构中的单个脉冲,提高光能量利用率,以此达到传感器综合性能的提升,但所有脉冲采用同一频率,各脉冲响应存在相干噪声恶化传感器性能,,且采用相干解调对设备防振动要求高。

[0006] 现有技术改进技术三结构与图1相同,测量过程中通过改变脉冲光的频率,得到不同光脉冲频率的单脉冲响应。对得到的不同频率响应进行互相关运算,解算出瑞利光相位沿光纤的分布,实现定量测量。该改进技术不需要线宽极窄的光源,对探测端稳定性要求低。但由于该改进技术基于单脉冲直接强度探测而非相干探测,无法利用上述编码技术来提升综合性能。

发明内容

[0007] 鉴于现有技术及现有技术改进技术中存在的上述问题,,本发明提供了一种在不使用相干探测的前提下,利用频率和强度同时编码的技术突破直接探测 Φ -OTDR传感系统综合性能限制的方法和系统。具体技术方案如下:

[0008] 第一方面,本发明提供了一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调光纤传感方法,所述方法包括:

- [0009] 光源产生频率编码的连续光；
- [0010] 对所述频率编码的连续光进行强度编码,形成频率和强度编码的光脉冲序列,强度编码和频率编码单个编码比特持续时间相同；
- [0011] 将所述频率和强度编码的光脉冲序列放大到合适的功率；
- [0012] 将所述合适功率的频率和强度编码光脉冲序列送入待测光纤,得到后向瑞利散射信号；
- [0013] 放大和接收所述后向瑞利散射光,将其转换成电信号并采集；
- [0014] 分析采集的所述电信号,使用解码矩阵解调出各单一频率下的单脉冲后向瑞利信号,并利用经典互相关算法进一步解调出沿光纤光相位的大小分布。
- [0015] 可选地,所述光源产生频率编码的连续光,包括：
- [0016] 所述光源产生激光；
- [0017] 所述光源的频率调制信号按特定的编码形式编码；
- [0018] 所述光源在所述频率调制信号的驱动下,产生频率编码的连续光。
- [0019] 可选地,所述频率调制信号,包括：
- [0020] 所述频率调制信号的编码格式被合理设计,使得所述频率编码连续光的任意频率间的差值都大于探测器带宽,以防止不同频率的响应在所述探测器内相干混叠,产生相干噪声和解码畸变；
- [0021] 可选地,所述强度调制,包括：
- [0022] 产生特定编码形式的电脉冲信号；
- [0023] 在所述编码电脉冲信号的驱动下,将所述频率编码的连续光调制成强度编码的光脉冲序列。
- [0024] 可选地,所述编码电脉冲信号,包括：
- [0025] 所述编码电脉冲信号和所述频率调制信号同步；
- [0026] 所述编码电脉冲信号的编码格式为周期编码或非周期编码；
- [0027] 所述编码电脉冲信号的峰值强度根据所述已被频率编码的连续光强度大小合理设定,使得强度编码后,所述强度和频率编码光脉冲序列中每个脉冲强度一致。
- [0028] 第二方面,本发明提供了一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调光纤传感系统,所述系统包括:激光频率编码单元、光信号强度编码单元、光放大单元、环形器、待测光纤、探测和采集单元、数据处理单元,
- [0029] 所述激光频率编码单元,用于产生频率编码的连续光；
- [0030] 所述光信号强度编码单元,与所述激光频率编码单元同步,用于以特定的编码形式对所述频率编码的连续光进行强度调制,形成频率和强度编码的光脉冲序列,强度编码和频率编码单个编码比特持续时间相同；
- [0031] 所述光放大单元,用于将所述频率和强度编码的光脉冲序列放大到合适的功率；
- [0032] 所述环形器,用于将所述合适功率的频率和强度编码光脉冲序列送入待测光纤,并得到后向瑞利散射信号；
- [0033] 所述探测和采集单元,用于放大和接收所述后向瑞利散射光,将其转换成电信号并采集；
- [0034] 所述数据处理单元,用于分析采集的所述电信号,使用解码矩阵解调出各单一频率

下的单脉冲后向瑞利信号,并利用经典互相关算法进一步解调出沿光纤光相位的大小分布。

[0035] 可选地,所述激光频率编码单元,包括:激光器和频率调制电路,

[0036] 所述激光器,用于产生激光;

[0037] 所述频率调制电路,用于以特定的编码电流形式调制所述激光器,使所述激光器输出频率编码的连续光。

[0038] 可选地,所述光信号强度编码单元,包括:脉冲发生电路和强度电光调制器,

[0039] 所述脉冲发生电路,与所述频率调制电路同步,用于产生特定编码形式的电脉冲信号;

[0040] 所述强度电光调制器,用于在所述电脉冲信号的驱动下,将所述频率编码的连续光调制成强度编码的光脉冲序列。所述强度和频率编码光脉冲序列中每个脉冲强度一致。

[0041] 可选地,所述光放大单元,包括第一光放大器和第一光滤波器,

[0042] 所述第一光放大器,用于将所述频率和强度编码的光脉冲序列放大到合适的功率;

[0043] 所述第一光滤波器,用于滤除所述第一光放大器引入的自发辐射噪声。

[0044] 可选地,所述探测和采集单元,包括:第二光放大器、第二光滤波器、光电探测器和采集卡,

[0045] 所述第二光放大器,用于将所述后向瑞利散射光信号放大至合适功率;

[0046] 所述第二光滤波器,用于提取所述后向瑞利散射光信号,并滤除带外噪声信号;

[0047] 所述光电探测器,用于将所述后向瑞利散射光信号转化成电信号;

[0048] 所述采集卡,用于收集所述后向瑞利散射电信号。

[0049] 本发明的有益效果在于,本发明提供一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调的方法和系统中;使用频率和强度编解码,解决了单色编码(强度编码)系统无法用于非相干探测的 Φ -OTDR传感系统的关键问题;该频率和强度编码只需发送1组编码序列,无额外的码字切换时间,而且对编码序列的平稳性无严格要求,无需额外硬件补偿,系统结构保持和最简单的 Φ -OTDR方法一致(直接探测);无需相干探测,因而无需极窄线宽激光器,且对设备防振动要求低。

[0050] 实施本发明的任一产品或方法并不一定需要同时达到以上所述的所有优点。

附图说明

[0051] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0052] 图1为现有技术中直接探测 Φ -OTDR系统结构;

[0053] 图2为现有技术中相干探测 Φ -OTDR系统结构;

[0054] 图3为现有技术中直接探测扫频 Φ -OTDR系统结构;

[0055] 图4为本发明提供的一种基于频率和强度编解码的直接探测瑞利分布式相位解调方法的流程示意图。

[0056] 图5为本发明提供的一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调系统的架构图；

[0057] 图6为本发明实施例提供的一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调的方法和系统的应用设计图；

[0058] 图7为本发明实施例提供的一种频率和强度编码光脉冲序列产生的时序图。

具体实施方式

[0059] 本发明提供一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调的方法和系统。以下结合附图对本发明进行详细说明。

[0060] 参考图4,图4为发明实施例提供的一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调方法的流程示意图,包括如下步骤:

[0061] 步骤401、光源产生频率编码的连续光；

[0062] 步骤402、以特定的编码形式对频率编码的连续光进行强度调制,形成频率和强度编码的光脉冲序列；

[0063] 步骤403、将频率和强度编码的光脉冲序列放大到合适的功率；

[0064] 步骤404、将合适功率的频率和强度编码光脉冲序列送入待测光纤,得到后向瑞利散射信号；

[0065] 步骤405、放大和接收后向瑞利散射光,将其转换成电信号并采集；

[0066] 步骤406、分析采集的电信号,使用解码矩阵解调出各单一频率下的单脉冲后向瑞利信号,并利用经典互相关算法进一步解调出沿光纤光相位的大小分布。

[0067] 图5为发明实施例提供的一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调系统的架构图,包括:激光频率编码单元501、光信号强度编码单元502、光放大单元503、环形器504、待测光纤505、探测和采集单元506、数据处理器507,

[0068] 激光频率编码单元501,包括激光器和频率调制电路;上述激光器可以为窄线宽光纤激光器或半导体激光器;上述频率调制电路可以输出如下形式的频率调制信号: $\{I_1, I_2, \dots, I_N; I_1, I_2, \dots, I_N; \dots\}$, N 为扫频个数;上述频率调制信号直接调制上述激光器使上述激光器输出频率编码的连续光 $\{f_1, f_2, \dots, f_N; f_1, f_2, \dots, f_N; \dots\}$ 。

[0069] 具体地,上述频率编码连续光的任意频率 f_i 和 f_j 间的差值都大于探测器带宽 v_{PD} : $|f_i - f_j| > v_{PD}, i, j \in [1, N]$ 且 $i \neq j$ 。

[0070] 光信号强度编码单元502,包括脉冲发生电路和强度电光调制器;上述脉冲发生电路可以为任意波形发生器(Arbitrary Waveform Generator, AWG)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array, FPGA)或其它电脉冲产生芯片或电路,用于输出周期编码或非周期编码的电脉冲信号。

[0071] 具体地,以周期编码为例,编码规则如下:

$$[0072] \quad \begin{cases} u_1 = 0 \\ u_{n+1} = (u_n + n) \bmod M \end{cases} \quad (1)$$

[0073] 其中 \bmod 为求余运算, $n \in [1, M-1]$, $M=N-1$ 为编码位数,码字的间隔为 T_{FUT}/M ,均匀分布在光纤中,其中 T_{FUT} 为待测光纤长度的2倍。若 $M=3$,则编码矩阵 C 为 3×3 的方阵

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}。$$

[0074] 可以理解的是,由于该编码矩阵具有循环的特性,因此只需发送一组循环的编码序列 $\{01\ 1, 0\ 1\ 1, \dots\}$,并使用该循环码重构成的 $M \times M$ 矩阵的逆矩阵进行解码,得到各单一频率下的单脉冲响应。

[0075] 一个实施例中,强度电光调制器可以为半导体光放大器(Semiconductor Optical Amplifier, SOA)或马赫曾德尔调制器(Mach-Zehnder modulator, MZM)。

[0076] 需要说明的是,上述脉冲发生电路输出的编码电脉冲信号与上述频率调制电路输出的频率调制信号同步,使得每一位强度电光调制器输出的编码光脉冲对应唯一的频率,并且上述编码电脉冲信号的峰值强度根据已被频率编码的连续光强度大小合理设定,使得频率编码连续光经过强度电光调制器强度调制后,每个光脉冲强度一致。

[0077] 光放大单元503,包括第一光放大器和第一光滤波器,上述光放大器可以为掺铒光纤放大器,用于将上述频率和强度编码的光脉冲序列放大到合适的功率,上述第一光滤波器用于滤除所述掺铒光纤放大器引入的自发辐射噪声。

[0078] 环形器504,用于将上述合适功率的频率和强度编码光脉冲序列送入待测光纤505,并且分离后向瑞利散射信号;

[0079] 探测和采集单元506,包括:第二光放大器、第二光滤波器、光电探测器和采集卡;上述第二光放大器,可以为掺铒光纤放大器,用于将上述后向瑞利散射信号放大到合适的功率,上述第二光滤波器,用于提取上述被放大的后向瑞利散射光信号,并滤除带外噪声信号;上述光电探测器,用于将上述后向瑞利散射光信号转化成电信号;上述采集卡,收集上述后向瑞利散射电信号。

[0080] 具体地,上述采集卡一次测量的采样时间为 $T = NT_{\text{FUT}}$ 。

[0081] 数据处理器507,用于分析采集的上述电信号,使用解码矩阵解调出各单一频率下的单脉冲后向瑞利信号,并利用经典互相关算法进一步解调出沿光纤光相位的大小分布。

[0082] 本发明实施例提供的一种基于频率和强度循环编解码的瑞利分布式相位解调的方法和系统中,采用电流预编码调制激光器实现激光器频率编码的方法,相比于使用外调制器,节省了成本且具有更大的调制带宽;使用频率和强度编解码,解决了单色编码(强度编码)系统无法用于非相干探测的 Φ -OTDR传感系统的关键问题;该频率和强度编码只需发送1组编码序列,无额外的码字切换时间,而且对编码序列的平稳性无严格要求,无需额外硬件补偿,系统结构保持和最简单的 Φ -OTDR方法一致(直接探测);无需相干探测,因而无需极窄线宽激光器,且探测端稳定性要求低。

[0083] 一个实施例中,如图6,7所示,图6为本发明实施例提供的一种基于频率和强度编解码的瑞利分布式相位解调的方法和系统的一种应用设计图,图7为本发明实施例提供的一种频率和强度编码光脉冲序列产生的时序图。以频率和强度周期编码(扫频个数 $N=4$,编码位数 $M=3$)为例展示,具体描述如下:

[0084] 首先频率调制电路输出编码调制电流: $\{I_1, I_2, I_3, I_4; I_1, I_2, I_3, I_4; \dots\}$ (图7(a)),其中每个调制电流持续的时间等于周期编码中码字的间隔 T_{FUT}/M ;然后,该电流直接调制窄线

宽半导体激光器,使激光器输出频率编码的连续光: $\{f_1, f_2, f_3, f_4; f_1, f_2, f_3, f_4; \dots\}$ (图7 (b));接着,马赫曾德尔调制器(MZM)由数模转换模块驱动将频率编码的连续光调制成编码光脉冲,其中周期编码序列由数模转换模块产生(图7(c)),编码形式由公式(1)给出,每个编码脉冲高电平幅度根据频率调制后相应位置的光功率预先确定,使经过强度调制后各脉冲峰值功率相同;最后,MZM输出最终的频率和强度编码光脉冲(图7(d))。需要说明的是,为了确保每个编码脉冲都对应唯一的编码频率,需将该数模转换模块与频率调制电路同步,使强度编码和频率编码单个编码比特持续时间相同。掺铒光纤放大器将频率和强度编码的光脉冲序列放大到合适的功率并送入第一光滤波器滤除自发辐射噪声;该滤波后的频率和强度循环编码脉冲序列经过环形器2口进入待测光纤,其在光纤每一个位置的后向散射光(瑞利散射光、布里渊散射光、拉曼散射光)经过环形器的3口进入滤波器;滤波器将瑞利散射光滤出并送入探测器转化为电信号,此信号被采集卡采集后。处理器分析采集的编码后向瑞利散射信号,使用解码矩阵,解调出各个频率下的单脉冲响应,并将上述单脉冲曲线重新排列,组合形成散射强度沿光纤和扫频频率分布的三维图,然后重复测量;最后根据前后两次测量时间下,同一个位置散射光强随频率分布的曲线,利用相关算法就可解调出外界扰动引起的扫频频率的变化,从而进一步解调出外界扰动的大小。

[0085] 上述实施例仅用于说明本发明,而非用于限定本发明。

[0086] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0087] 本说明书中的各个实施例均采用相关的方式描述,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其,对于方法实施例而言,由于其基本相似于系统实施例,所以描述的比较简单,相关之处参见系统实施例的部分说明即可。

[0088] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均包含在本发明的保护范围内。

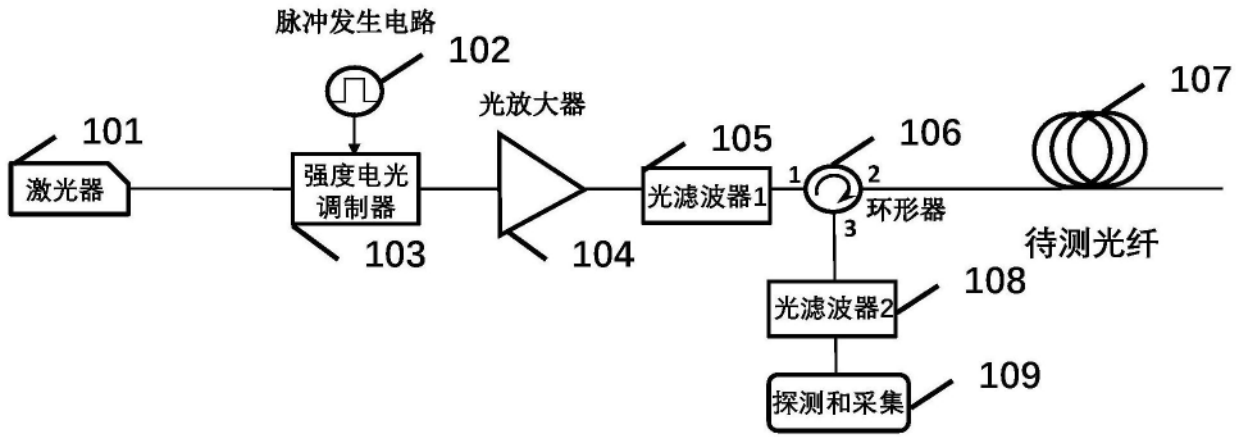


图1

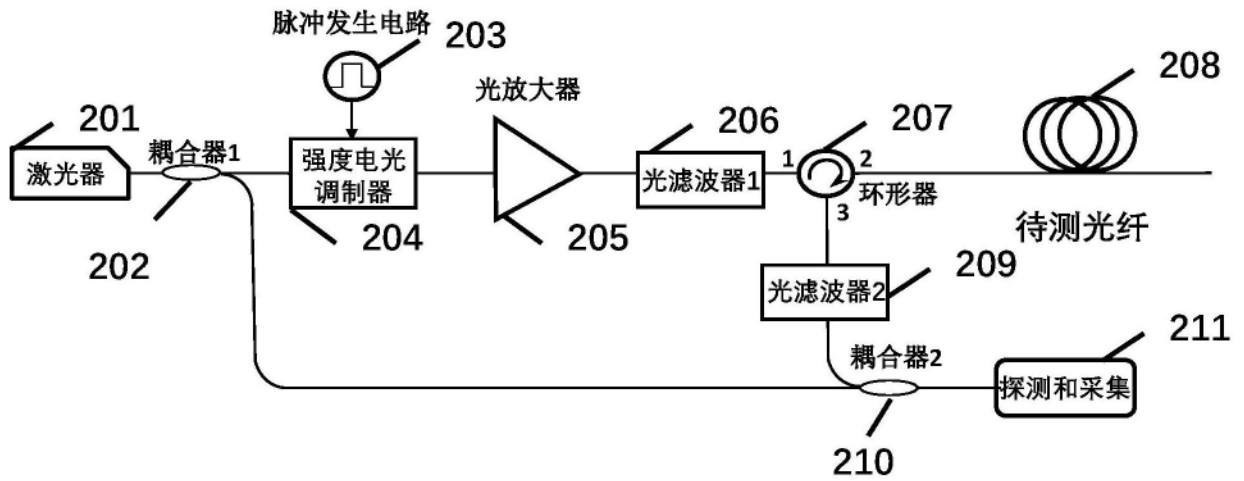


图2

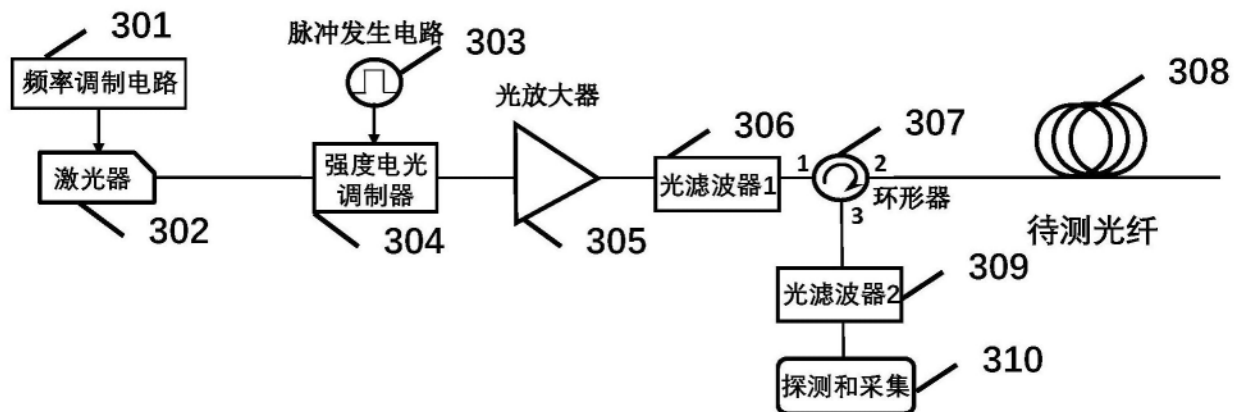


图3

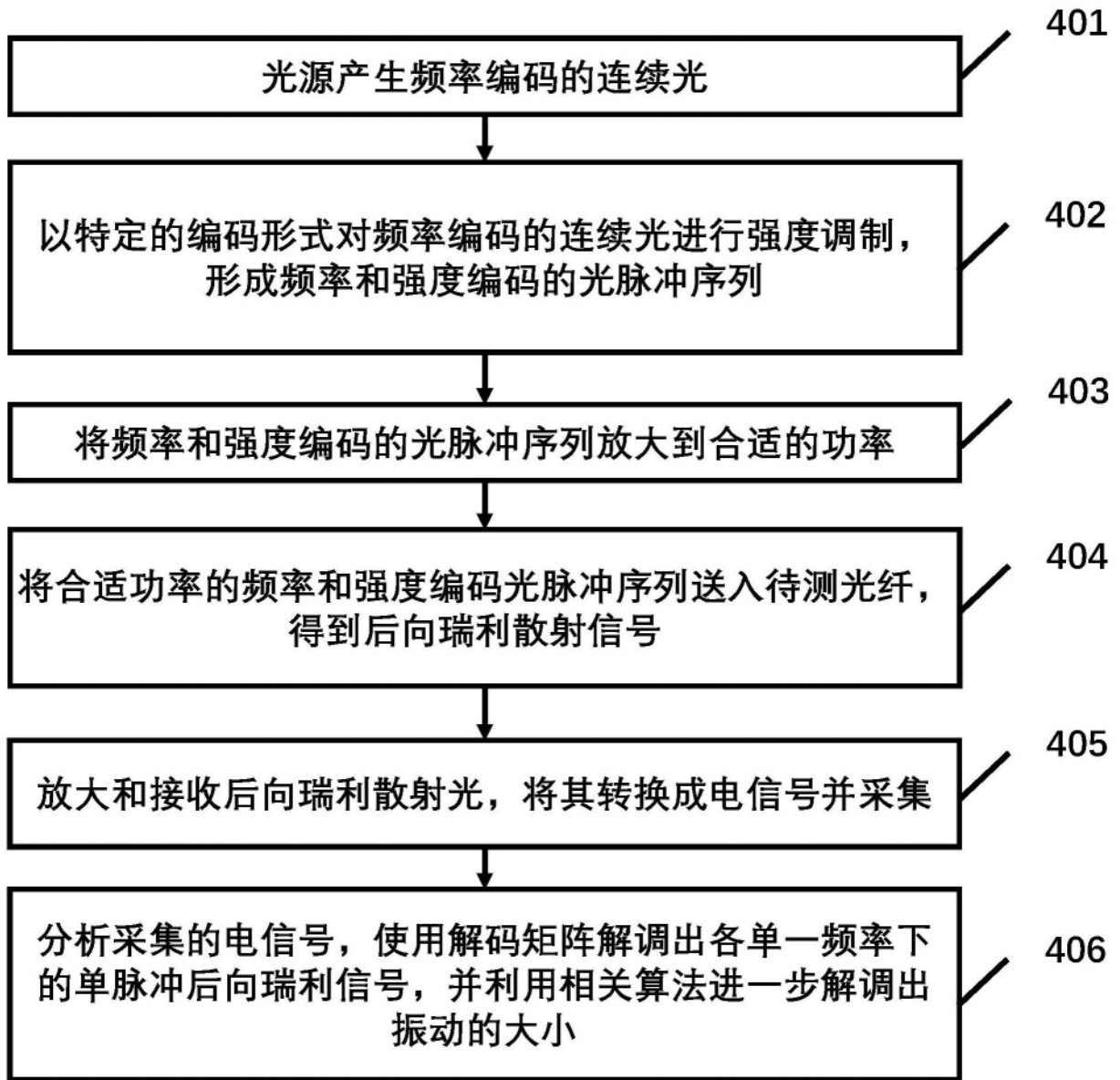


图4

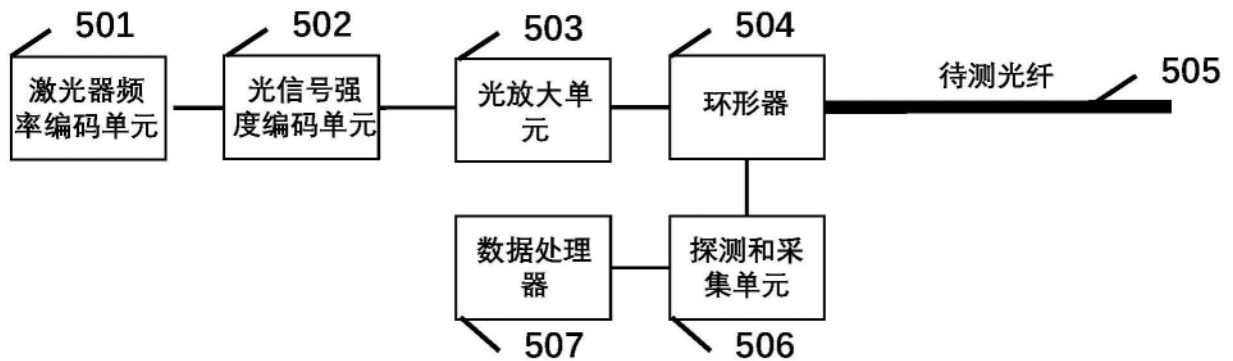


图5

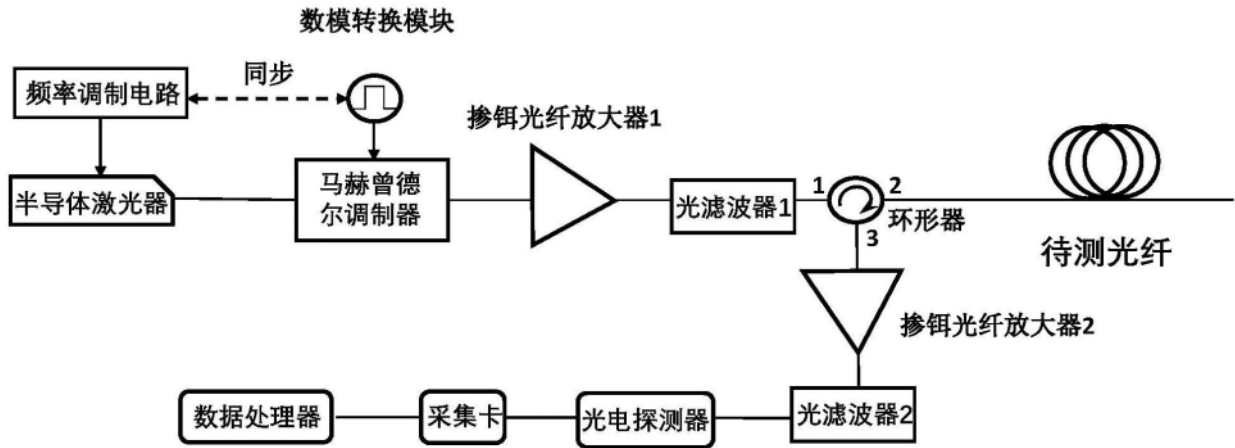


图6

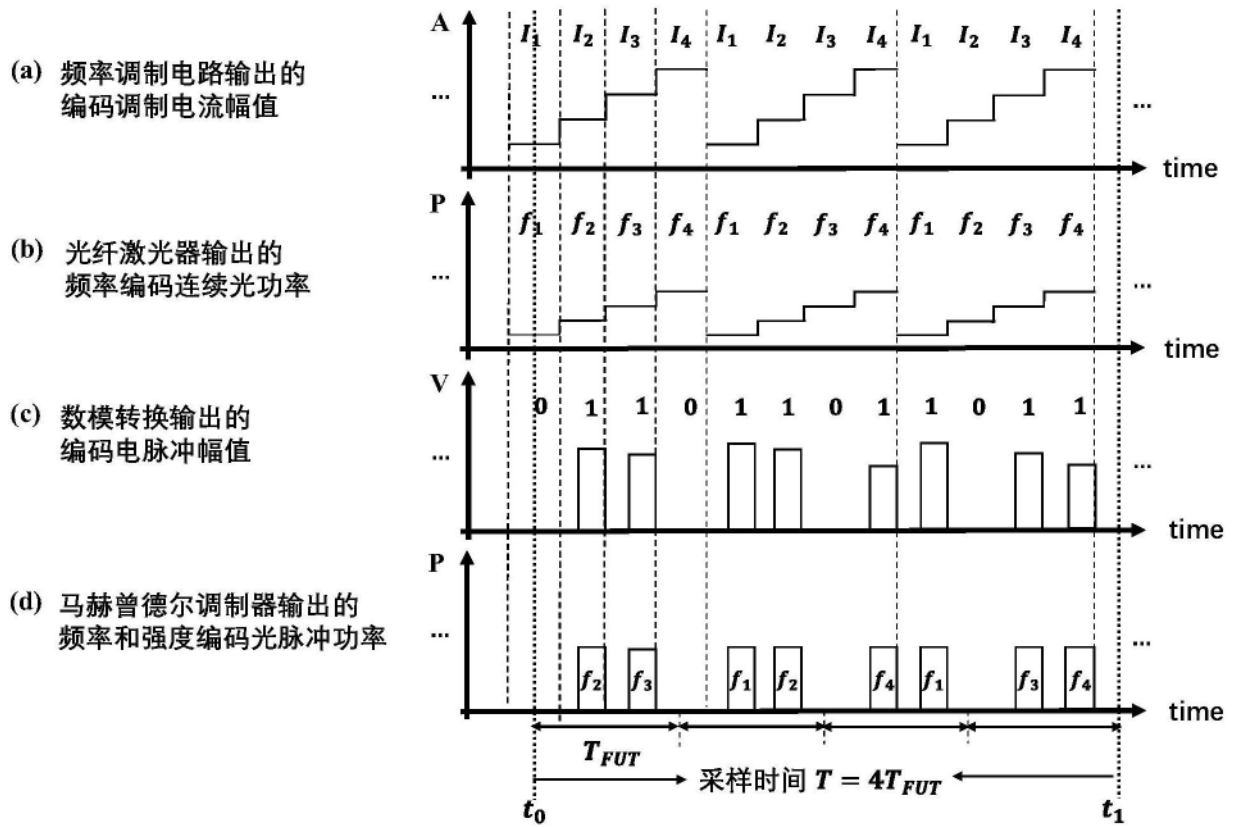


图7