



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102538848 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 01

(21) 申请号 201110321749. 2

9 期),

(22) 申请日 2011. 10. 21

单超等. 混沌光纤围栏系统及其入侵定位方

(73) 专利权人 上海大学

法. 《光学学报》. 2010, 第 30 卷 (第 2 期),

地址 200072 上海市宝山区上大路 99 号

审查员 张瀛

(72) 发明人 方捻 黄肇明 王陆唐

(74) 专利代理机构 上海上大专利事务所 (普通
合伙) 31205

代理人 何文欣

(51) Int. Cl.

G01D 5/36 (2006. 01)

G01V 8/10 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2010/0067018 A1, 2010. 03. 18,

CN 102003211 A, 2011. 04. 06,

CN 101000267 A, 2007. 07. 18,

GB 2403797 A, 2005. 01. 12,

方捻等. 光纤时变扰动分布传感技术的研究
进展. 《激光与光电子学进展》. 2010, 第 47 卷 (第

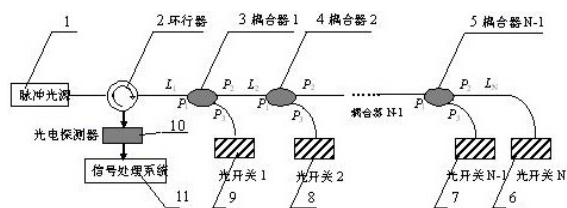
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

开关量光纤传感系统及其短时互相关定位方
法

(57) 摘要

本发明公开了一种开关量光纤传感系统及其短时互相关定位方法。本系统由 1 个脉冲光源、1 个信号处理系统、1 个光环行器、1 个光电探测器、N 个光开关、N-1 个 1X2 的光纤耦合器与 N 段标准单模光纤构成。本发明利用不同脉冲周期检测到的反射信号的对应短时互相关峰值大小来确定发生报警事件的光开关位置。短时窗长与脉冲宽度一致。本发明可用于有多个开关量事件发生、需要检测及报警的场合,并且可以多点定位。



1. 一种开关量光纤传感系统,包括1个脉冲光源(1)、1个信号处理系统(11)、1个光环行器(2)、1个光电探测器(10)、N个光开关(9、8、7、6)、N-1个1X2的光纤耦合器(3、4、5)和N段标准单模光纤(L_1 、 L_2 ... L_N),其特征在于所述脉冲光源(1)通过环行器(2)和第一段光纤(L_1)与第一个耦合器(3)的 P_1 端口相连,第一个耦合器(3)的 P_2 端口通过第二段光纤(L_2)与第二个耦合器(4)的 P_1 端口相连,第一个耦合器(3)的 P_3 端口与第一个光开关(9)相连;其它耦合器与光开关的连接依次类推,最后一个耦合器(5)的 P_2 、 P_3 端口分别连接第N-1个光开关(7)和第N个光开关(6);环行器(2)的另一个输出经由光电探测器(10)连接至信号处理系统(11)。

2. 根据权利要求1所述的开关量光纤传感系统,其特征在于所述的脉冲光源(1)是内调制的,或者是外调制的;使用高斯脉冲或余弦脉冲,脉冲宽度小于等于光往返经过最短一段光纤的时间,脉冲周期大于等于光往返经过各段光纤长度总和的时间。

3. 根据权利要求1所述的开关量光纤传感系统,其特征在于所述光开关(6、7、8、9)是一个带有反射镜的光开关,其开关控制方式是多样的;正常状态下,光开关是闭合的;当报警事件发生时,光开关打开,其反射率变低,反射信号明显变弱。

4. 根据权利要求1所述的开关量光纤传感系统,其特征在于所述的N段标准单模光纤(L_1 、 L_2 ... L_N)的长度相等,或者不相等。

5. 根据权利要求1所述的开关量光纤传感系统,其特征在于所述的N-1个耦合器(3、4、5)的 P_1 端口与 P_2 端口是直通的, P_1 端口与 P_3 端口是交叉耦合的。

6. 根据权利要求1所述的开关量光纤传感系统,其特征在于所述的N-1个耦合器(3、4、5)的耦合系数是经过优化设计的;根据给定的脉冲光源(1)光功率、所用的光电探测器(10)的灵敏度,考虑各个光器件的插入损耗、光纤的传输损耗以及光纤和各个光器件的连接损耗,计算每个光脉冲到达探测器(10)的功率大小,使其大于等于光电探测器(10)的灵敏度,以使每个光开关量都可检测;同时,使各个反射脉冲光功率大小一致,以便于准确定位;另外,使更多的光往前传输,以便能够检测更多的光开关。

7. 根据权利要求3所述的开关量光纤传感系统,其特征在于所述光开关,设定一个阈值,通过不同时间反射脉冲的光强是否小于或大于该阈值,直接确定哪一个或哪一些光开关所在位置有报警事件发生,这叫直接光脉冲测量法。

8. 一种开关量光纤传感系统短时互相关定位方法,用于对权利要求1所述开关量光纤传感系统在噪声大于预设定值时对事件光开关定位,其特征在于首先由信号处理系统(11)计算前后脉冲周期时间内检测到的反射脉冲的对应短时互相关,设定一个合适的阈值,找到相关峰值小于阈值的各段短时互相关曲线,由它们的段号即可确定是哪些开关被打开了。

9. 根据权利要求8所述的开关量光纤传感系统短时互相关定位方法,其特征在于所述的短时互相关运算的短时窗长与光源的脉冲宽度一致。

开关量光纤传感系统及其短时互相关定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种开关量光纤传感系统及其短时互相关定位方法。是一种适用于各种物理量的开关量的检测和定位的优化设计的开关量光纤传感系统及其短时互相关定位方法。

背景技术

[0002] 近来出于对各种特殊场合的安防需要,开关量光纤传感系统的研究越来越受到人们的重视,如电信井盖、银行保险柜、保密室的门窗以及存放特殊物资的仓库的门窗的打开与否,还有一些特定点的温度、液位、气压、液压等达到某一阈值后的报警等,都可以用光开关量的传感来实现。当需要检测的开关物理量很多时,便可以利用一个离散分布的开关量光纤传感系统对各个开关物理量一起检测并定位,短时互相关法正适合于离散传感量的定位。

[0003] 利用 OTDR 或 Φ -OTDR 也可以实现开关量的光纤传感与定位。然而,它们的成本较高,价格昂贵,如 Φ -OTDR 系统需要采用极小频率漂移和线宽的激光器,而且其叠加多个脉冲信号来定位的方法造成其实时性较差。另一方面,这些待测开关量往往是离散分布的,没有必要利用全分布式的 OTDR 和 Φ -OTDR 光纤传感系统。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对已有技术存在的缺陷,提供一种简单、快速、价廉的开关量光纤传感系统及其短时互相关定位方法。

[0005] 为达到上述目的,本发明的构思是:本发明的开关量光纤传感系统,包括 1 个脉冲光源、1 个信号处理系统、1 个光环行器、1 个光电探测器、N 个光开关、N-1 个 1X2 的光纤耦合器和 N 段标准单模光纤。其特征在于所述脉冲光源通过环行器和第一段光纤与第一个耦合器的 P_1 端口相连,第一个耦合器的 P_2 端口通过第二段光纤与第二个耦合器的 P_1 端口相连,第一个耦合器的 P_3 端口与第一个光开关相连;其他依次类推,最后一个耦合器的 P_2 、 P_3 端口分别连接第 N-1 个光开关和第 N 个光开关。环行器的另一个输出经由光电探测器进入信号处理系统。

[0006] 所述的 N-1 个耦合器的耦合系数是经过优化设计的。具体方法为:根据给定的脉冲光源光功率、所用的光电探测器的灵敏度,考虑各个光器件的插入损耗、光纤的传输损耗以及光纤和各个光器件的连接损耗,计算每个光脉冲到达探测器的功率大小,使其大于等于光电探测器的灵敏度,以使每个光开关量都可检测。同时,尽量使各个反射脉冲光功率大小一致,以便于准确定位。另外,尽量使更多的光往前传输,以便能够检测更多的光开关。

[0007] 所述的开关量光纤传感系统短时互相关定位方法,用于对权利要求 1 所述开关量光纤传感系统在噪声较大时对事件光开关定位,其特征在于首先由信号处理系统计算前后脉冲周期时间内检测到的反射脉冲的对应短时互相关,设定一个合适的阈值,找到相关峰值小于阈值的各段短时互相关曲线,由它们的段号即可确定是哪些开关被打开了。

[0008] 工作原理与特点

[0009] 脉冲光通过环行器和第一段光纤进入第一个耦合器,分成2路,一路继续往前进入第二个耦合器,另一路进入第一个光开关,第二个耦合器的输出也分成2路,一路继续往前进入第三个耦合器,另一路进入第二个光开关,依次类推,直到最后一个耦合器的输出分成2路,一路接第N-1个光开关,另一路接第N个光开关。各个光开关的反射信号经由各个耦合器和各段光纤传输到环行器,通过环行器另一个输出经由光电探测器进入信号处理系统。

[0010] 光开关是一个带有反射镜的光开关,正常状态下,光开关是闭合的,其反射率较高,反射信号较强;当报警事件发生时,光开关打开,其反射率较低,反射信号明显变弱,或者相反。因此,可以设定一个合适的阈值,通过不同时间反射脉冲的光强是否小于或大于该阈值,直接确定哪一个或哪一些光开关所在位置有报警事件发生,也可叫直接光脉冲测量法。由于实际环境中各种噪声的存在,仅靠各个光开关的反射脉冲光强大小难以准确定位开关位置。如果计算前后脉冲周期时间内检测到的反射信号的对应短时互相关,开关状态发生改变的那个光开关的反射脉冲与前一周期的相应反射脉冲的相似性降低,设定一个合适的阈值,找到相关峰值小于阈值的各段短时互相关曲线,由它们的段号即可准确地定位哪些开关是打开的。

[0011] 根据上述发明内容,本发明采用下述技术方案:

[0012] 一种开关量光纤传感系统,包括1个脉冲光源、1个信号处理系统、1个光环行器、1个光电探测器、N个光开关、N-1个1X2的光纤耦合器和N段标准单模光纤。其特征在于所述脉冲光源通过环行器和第一段光纤与第一个耦合器的 P_1 端口相连,第一个耦合器的 P_2 端口通过第二段光纤与第二个耦合器的 P_1 端口相连,第一个耦合器的 P_3 端口与第一个光开关相连;其他依次类推,最后一个耦合器的 P_2 、 P_3 端口分别连接第N-1个光开关和第N个光开关。环行器的另一个输出经由光电探测器连接至信号处理系统。

[0013] 所述的脉冲光源可以是内调制的,也可以是外调制的。可以使用高斯脉冲或余弦脉冲或别的类似的脉冲,其脉冲宽度小于等于光往返经过最短一段光纤的时间,其脉冲周期大于等于光往返经过各段光纤长度总和的时间。

[0014] 所述光开关是一个带有反射镜的光开关,其开关控制方式可以是多样的。正常状态下,光开关是闭合的,其反射率较高,反射信号较强;当报警事件发生时,光开关打开,其反射率较低,反射信号明显变弱,或者相反。

[0015] 所述的N段标准单模光纤的长度可以相等,也可以不等。

[0016] 所述的N-1个耦合器的 P_1 端口与 P_2 端口是直通的, P_1 端口与 P_3 端口是交叉耦合的。

[0017] 所述的N-1个耦合器的耦合系数是经过优化设计的。具体方法为:根据给定的脉冲光源光功率、所用的光电探测器的灵敏度,考虑各个光器件的插入损耗、光纤的传输损耗以及光纤和各个光器件的连接损耗,计算每个光脉冲到达探测器的功率大小,使其大于等于光电探测器的灵敏度,以使每个光开关量都可检测。同时,尽量使各个反射脉冲光功率大小一致,以便于准确定位。另外,尽量使更多的光往前传输,以便能够检测更多的光开关。

[0018] 可以设定一个合适的阈值,通过不同时间反射脉冲的光强是否小于或大于该阈值,直接确定哪一个或哪一些光开关所在位置有报警事件发生,也可叫直接光脉冲测量法。

[0019] 一种开关量光纤传感系统短时互相关定位方法,用于对所述开关量光纤传感系统在噪声较大时对事件光开关定位,其特征在于首先由信号处理系统计算前后脉冲周期时间内检测到的反射脉冲的对应短时互相关,设定一个合适的阈值,找到相关峰值小于阈值的各段短时互相关曲线,由它们的段号即可确定是哪些开关被打开了。

[0020] 所述的短时互相关运算的短时窗长与光源的脉冲宽度一致。

[0021] 本发明与现有技术相比较,具有如下显而易见的突出实质性特点和显著优点:

[0022] 本发明相比 OTDR 和 Φ -OTDR,结构简单,成本低,且易于多点定位。由于信号和噪声之间是不相关的,因此,利用短时互相关运算定位能去除系统的随机噪声,提高检测和定位的准确度。由于不需要叠加多个脉冲信号来定位,因此,检测的实时性好。

附图说明

[0023] 图 1 为开关量光纤传感系统结构图。

[0024] 图 2 为定义低反射率对应报警事件状态的直接脉冲测量法的仿真结果。其中 (a) 正常状态下的反射光脉冲波形, (b) 第 4 个光开关发生报警事件时的反射光脉冲波形, (c) 第 4 个和第 12 个光开关发生报警事件时的反射光脉冲波形。

[0025] 图 3 为定义高反射率对应报警事件状态的短时互相关定位法的仿真结果。其中 (a) 正常状态下的反射光脉冲波形, (b) 第 4 个和第 12 个光开关发生报警事件时的反射光脉冲波形, (c) 第 4 个和第 12 个光开关发生报警事件时的短时互相关结果,图中虚线为设定的阈值。

具体实施方式

[0026] 本发明优选实施例,结合附图说明如下:

[0027] 实施例一:

[0028] 参见图 1。本开关量光纤传感系统包括 1 个脉冲光源(1)、1 个信号处理系统(11)、1 个光环行器(2)、1 个光电探测器(10)、N 个光开关(6、7、8、9)、N-1 个 1X2 的光纤耦合器(3、4、5)和 N 段标准单模光纤(L_1 、 $L_2 \cdots L_N$)。其特征在于所述脉冲光源(1)通过环行器(2)和第一段光纤(L_1)与第一个耦合器(3)的 P_1 端口相连,第一个耦合器(3)的 P_2 端口通过第二段光纤(L_2)与第二个耦合器(4)的 P_1 端口相连,第一个耦合器(3)的 P_3 端口与第一个光开关(9)相连;其他依次类推,最后一个耦合器(5)的 P_2 、 P_3 端口分别连接第 N-1 个光开关(7)和第 N 个光开关(6)。环行器(2)的另一个输出经由光电探测器(10)连接至信号处理系统(11)。

[0029] 实施例二:

[0030] 本实施例与实施例一基本相同,特别之处如下:

[0031] 所述的脉冲光源(1)可以是内调制的,也可以是外调制的。可以使用高斯脉冲或余弦脉冲或别的类似的脉冲,其脉冲宽度小于等于光往返经过最短一段光纤的时间,其脉冲周期大于等于光往返经过各段光纤长度总和的时间。

[0032] 所述光开关(9、8、7、6)是一个带有反射镜的光开关,其开关控制方式可以是多样的。正常状态下,光开关是闭合的,其反射率较高,反射信号较强;当报警事件发生时,光开关打开,其反射率较低,反射信号明显变弱,或者相反。

[0033] 所述的 N 段标准单模光纤 ($L_1, L_2 \dots L_N$) 的长度可以相等,也可以不相等。

[0034] 所述的 N-1 个耦合器 (3、4、5) 的 P_1 端口与 P_2 端口是直通的, P_1 端口与 P_3 端口是交叉耦合的。

[0035] 所述的 N-1 个耦合器 (3、4、5) 的耦合系数是经过优化设计的。具体方法为:根据给定的脉冲光源 (1) 光功率、所用的光电探测器 (10) 的灵敏度,考虑各个光器件的插入损耗、光纤的传输损耗以及光纤和各个光器件的连接损耗,计算每个光脉冲到达探测器的功率大小,使其大于等于光电探测器的灵敏度,以使每个光开关量都可检测。同时,尽量使各个反射脉冲光功率大小一致,以便于准确定位。另外,尽量使更多的光往前传输,以便能够检测更多的光开关。

[0036] 可以设定一个合适的阈值,通过不同时间反射脉冲的光强是否小于或大于该阈值,直接确定哪一个或哪一些光开关所在位置有报警事件发生,也可叫直接光脉冲测量法。

[0037] 实施例三:

[0038] 本开关量光纤传感系统短时互相关定位方法,用于对上述系统在噪声较大时对事件光开关定位,操作步骤为:首先由信号处理系统计算前后脉冲周期时间内检测到的反射脉冲的对应短时互相关,设定一个合适的阈值,找到相关峰值小于阈值的各段短时互相关曲线,由它们的段号即可确定是哪些开关被打开了。短时互相关运算的短时窗长与光源的脉冲宽度一致。

[0039] 实施例四:

[0040] 参见图 1- 图 2。本开关量光纤传感系统是一个用 Optisystem 光系统仿真软件构造的模拟系统:利用正弦信号与周期方波脉冲调幅得到的电信号强度调制一个连续光激光器得到一个光功率为 2dBm、脉冲宽度 10 微秒、脉冲周期 200 微秒的脉冲光源;设定光电探测器的灵敏度为 -34dBm;14 个光开关用 14 个光反射镜模拟,设定其反射率为 100% 时对应一种开关状态,反射率为 4% 时对应另一种开关状态;13 个耦合器为 1 x 2 耦合器,其耦合系数分别为 3%、4%、4%、5%、6%、7%、8%、10%、13%、17%、23%、34%、50%;14 段光纤长度都为 1km;信号处理系统采用一个计算短时互相关的 Matlab 程序。

[0041] 定义低反射率对应报警事件状态的直接脉冲测量法的仿真结果如图 2 所示。图 2(a) 为正常状态下产生的反射光脉冲波形,每个反射光脉冲功率都大于 -34dBm,说明都可被检测到;图 2(b) 为第 4 个光开关发生报警事件时的反射光脉冲波形,图 2(c) 为第 4 个和第 12 个光开关发生报警事件时的反射光脉冲波形。从图 2(b) 和图 2(c) 可看出,第 4 个和第 12 个脉冲功率明显小于其它的脉冲功率,也小于光电探测器的灵敏度功率,实际接光电探测器时是探测不到的,因此,可以直接根据这两处的低电平状态判定其对应的光开关为报警事件状态。定义高反射率对应报警事件状态的短时互相关定位法的仿真结果如图 3 所示。图 3(a) 为正常状态下产生的反射光脉冲波形,每个反射光脉冲功率都小于 -34dBm,说明都探测不到;图 3(b) 为第 4 个和第 12 个光开关发生报警事件时的反射光脉冲波形,尽管第 4 个和第 12 个脉冲功率明显大于其它的脉冲功率,也大于光电探测器的灵敏度功率,但其位置不是很清晰。把第 4 个和第 12 个光开关发生报警事件时的反射光脉冲波形与前一脉冲周期测得的正常状态下产生的反射光脉冲波形作短时互相关运算,得到图 3(c) 所示的结果,第 4 段和第 12 段短时互相关曲线的峰值低于设定的阈值,因此,可以明显判定其对应的光开关为报警事件状态。

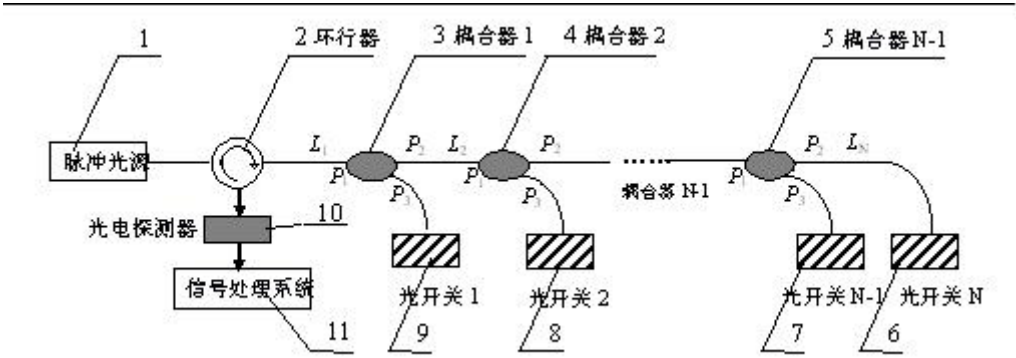
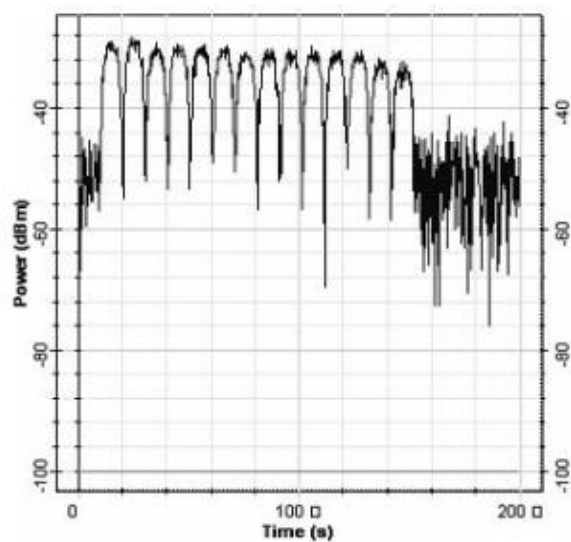
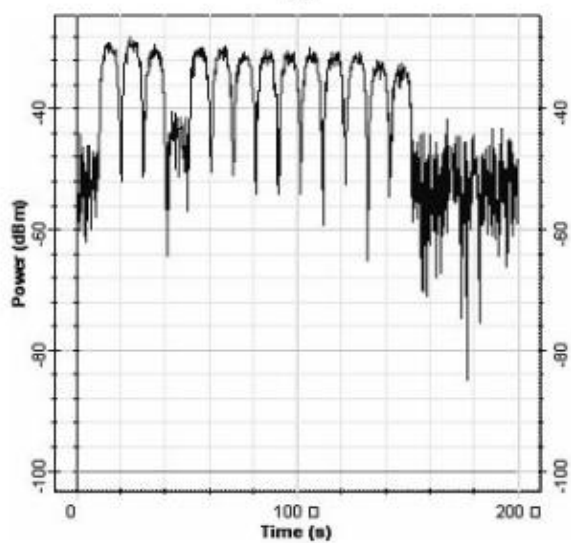


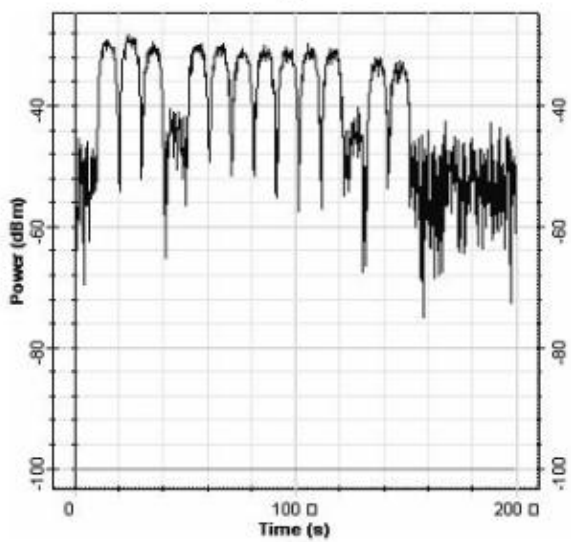
图 1



(a)



(b)



(c)

图 2

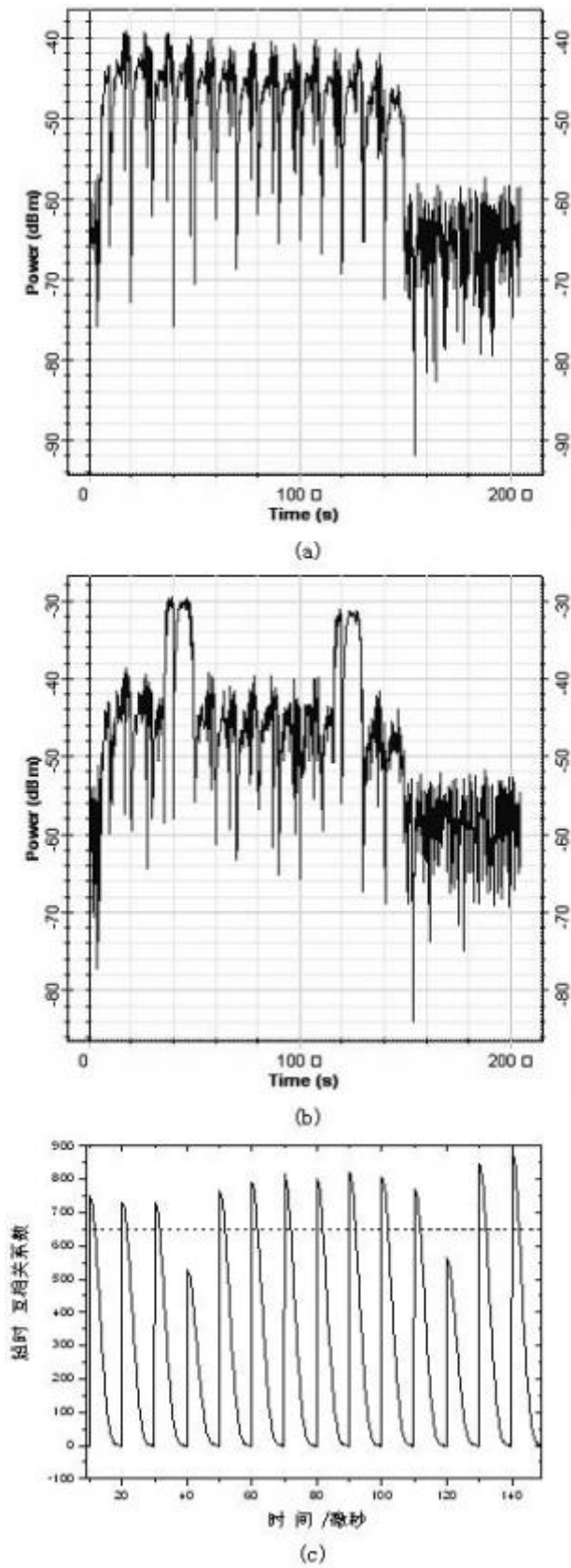


图 3