



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110146162 A

(43)申请公布日 2019.08.20

(21)申请号 201910540579.3

(22)申请日 2019.06.21

(71)申请人 忻州师范学院

地址 034000 山西省忻州市和平西街10号

(72)发明人 于波 丁伟杰 张清

(74)专利代理机构 太原科卫专利事务所(普通合伙) 14100

代理人 朱源 武建云

(51)Int.Cl.

G01J 1/44(2006.01)

G01J 11/00(2006.01)

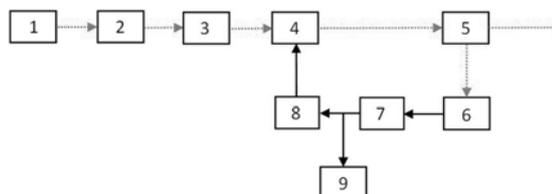
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

实时锁定单光子强度的装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种实时锁定单光子强度的装置及方法。通过单光子探测将离散单光子信号转换为TTL脉冲信号,光子计数器对数字脉冲信号进行数模转换后输出相应幅值的模拟电压信号,模拟比例积分微分控制器将模拟电压信号与设定参考电压进行负反馈运算输出误差信号加载到强度调制器的偏压控制端口,通过连续调节单光子强度则实现了实时锁定单光子强度到设定强度。本发明可以有效压缩单光子的强度起伏,解决了单光子强度无法锁定与连续调谐输出的问题。本发明具有结构简单,实用性强,稳定性高,可调谐输出等特点,可以应用于量子通信、传感检测、量子成像等领域。



1. 一种实时锁定单光子强度的装置,其特征在于:包括激光器(1)、隔离器(2)、衰减器(3)、强度调制器(4)、光纤强度分束器(5)、单光子探测器(6)、光子计数器(7)、模拟比例积分微分控制器(8)、示波器(9);

所述激光器(1)输出激光依次经过隔离器(2)、衰减器(3)、强度调制器(4)后进入光纤强度分束器(5),所述光纤强度分束器(5)的第一输出端与单光子探测器(6)的输入端相连,所述光纤强度分束器(5)的第二输出端输出激光,所述单光子探测器(6)的输出端与光子计数器(7)的输入端相连,所述光子计数器(7)的输出端分别与模拟比例积分微分控制器(8)和示波器(9)的输入端相连,所述模拟比例积分微分控制器(8)的输出端与强度调制器(4)的偏压控制端相连。

2. 一种实时锁定单光子强度的方法,其特征在于:激光器(1)输出连续激光信号经过隔离器(2)后输出,经过隔离器(2)的输出光进入衰减器(3)衰减强度至单光子量级,之后离散的单光子信号进入强度调制器(4)传输,经过强度调制器(4)的输出光进入光纤强度分束器(5)分为两束,其中一束光用于实验研究,另一束光进入单光子探测器(6),单光子探测器(6)测量单光子信号并转换为TTL脉冲信号输入光子计数器(7),光子计数器(7)在设定积分时间内通过数模转换输出相应模拟电压,模拟电压幅值与离散光子数成正比,然后模拟电压信号输入模拟比例积分微分控制器(8)并与模拟比例积分微分控制器(8)内参考电压进行运算后,模拟比例积分微分控制器(8)输出误差信号加载到强度调制器(4)的偏压控制端口调节单光子传输效率,单光子探测器(6)将测量到的单光子信号转换为TTL脉冲信号输出,光子计数器(7)将数字脉冲信号进行数模转换输出新模拟电压,模拟比例积分微分控制器(8)将测量到的新模拟电压与参考电压再进行比较分析获取新误差信号,将新误差信号加载到强度调制器(4)的偏压控制端口再次调节单光子传输效率,如此不断循环连续调节单光子强度,便可以将单光子强度实时锁定在设定强度;之后调节模拟比例积分微分控制器(8)参数,使得示波器(9)上观察到的模拟电压起伏最小,说明将单光子强度起伏压缩到最小。

实时锁定单光子强度的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于激光技术领域,具体是一种实时锁定单光子强度的装置及方法,基于单光子探测并结合数模转换将离散单光子信号转化为模拟电压输出,利用模拟比例积分微分控制器将模拟电压与参考电压进行负反馈运算获取误差信号,将误差信号加载到强度调制器进行连续调节单光子强度,最终将单光子强度实时锁定在设定强度。

背景技术

[0002] 目前,精确锁定单光子强度在量子通信、传感检测、量子成像等领域有非常重要的意义。在量子通信领域,单光子是量子信息传输的载体,单光子强度起伏会引起系统成码率发生漂移,导致系统的安全性降低。在传感检测领域,单光子强度起伏会降低检测的精度和灵敏度。在量子成像领域,单光子强度起伏会降低成像清晰度,导致成像变得模糊造成信息丢失。所以如何锁定单光子强度受到科研人员的广泛关注。

发明内容

[0003] 本发明目的是提供一种实时锁定单光子强度的装置及方法,可以实时锁定单光子强度到设定强度。

[0004] 本发明是采用如下技术方案实现的:

一种实时锁定单光子强度的装置,包括激光器、隔离器、衰减器、强度调制器、光纤强度分束器、单光子探测器、光子计数器、模拟比例积分微分控制器、示波器。

[0005] 所述激光器输出激光依次经过隔离器、衰减器、强度调制器后进入光纤强度分束器,所述光纤强度分束器的第一输出端与单光子探测器的输入端相连,所述光纤强度分束器的第二输出端输出激光(用于实验研究),所述单光子探测器的输出端与光子计数器的输入端相连,所述光子计数器的输出端分别与模拟比例积分微分控制器和示波器的输入端相连,所述模拟比例积分微分控制器的输出端与强度调制器的偏压控制端相连。

[0006] 利用上述装置进行实时锁定单光子强度的方法如下:激光器输出连续激光信号经过隔离器后输出,隔离器的功能是防止后路光学器件的反射光进入激光器引起不稳定,经过隔离器的输出光进入衰减器衰减强度至单光子量级,之后离散的单光子信号进入强度调制器传输,激光信号传输效率由强度调制器的偏置电压控制,经过强度调制器的输出光进入光纤强度分束器分为两束,其中一束光用于实验研究,另一束光进入单光子探测器,单光子探测器测量单光子信号并转换为TTL脉冲信号输入光子计数器,光子计数器在设定积分时间内通过数模转换输出相应模拟电压,模拟电压幅值与离散光子数成正比,然后模拟电压信号输入模拟比例积分微分控制器并与模拟比例积分微分控制器内参考电压进行运算后,模拟比例积分微分控制器输出误差信号加载到强度调制器的偏压控制端口调节单光子传输效率,单光子探测器将测量到的单光子信号转换为TTL脉冲信号输出,光子计数器将数字脉冲信号进行数模转换输出新模拟电压,模拟比例积分微分控制器将测量到的新模拟电压与参考电压再进行比较分析获取新误差信号,将新误差信号加载到强度调制器的偏压控

制端口再次调节单光子传输效率,如此不断循环连续调节单光子强度,便可以将单光子强度实时锁定在设定强度。之后调节模拟比例积分微分控制器参数,使得示波器上观察到的模拟电压起伏最小,说明将单光子强度起伏压缩到最小。而且锁定单光子强度后,通过调节模拟比例积分微分控制器的参考电压,可以实现锁定单光子强度的可调谐输出。

[0007] 本发明基于单光子探测将离散单光子信号转换为TTL脉冲信号,通过光子计数器将数字脉冲信号转换为对应的模拟电压输出,利用模拟比例积分微分控制器将测量模拟电压与预先设定的参考电压进行负反馈运算获取误差信号,将误差信号加载到强度调制器的偏压端口连续调节单光子强度,实现了闭环单光子强度锁定,有效压缩了单光子的强度起伏,而且可以实现锁定单光子强度的可调谐输出。

[0008] 本发明设计合理,提出一种实时锁定单光子强度的装置及方法,解决了不能有效压缩单光子强度起伏与锁定强度可调谐输出的问题。本发明具有结构简单,实用性强,稳定性高,可调谐输出等特点。

附图说明

[0009] 图1表示本发明所述装置的连接示意图(虚线代表光信号,实线代表电信号)。

[0010] 图2表示激光信号经过强度调制器的传输效率随偏置电压变化的测试结果。

[0011] 图3表示未锁定单光子强度与锁定单光子强度的测量结果。

[0012] 图中:1-激光器,2-隔离器,3-衰减器,4-强度调制器,5-光纤强度分束器,6-单光子探测器,7-光子计数器,8-模拟比例积分微分控制器,9-示波器。

具体实施方式

[0013] 下面结合附图对本发明的具体实施例进行详细说明。

[0014] 一种实时锁定单光子强度的装置,包括激光器1、隔离器2(THORLABS, IO-G-1550)、衰减器3(THORLABS, VOA50PM-APC)、强度调制器4(CODEON, Mach-10)、光纤强度分束器5(THORLABS, PN1550R5A1)、单光子探测器6(Princeton Lightwave, PGA)、光子计数器7(SRS, SR400)、模拟比例积分微分控制器8(SRS, SIM960)、示波器9(YOKOGAWA, DLM2054)。

[0015] 如图1所示,激光器1输出1550nm线偏振激光依次经过隔离器2、衰减器3、强度调制器4后进入50:50光纤强度分束器5,光纤强度分束器5的第一输出端与单光子探测器6的输入端相连,光纤强度分束器5的第二输出端输出激光用于实验研究,单光子探测器6的输出端与光子计数器7的输入端相连,光子计数器7的输出端分别与模拟比例积分微分控制器8和示波器9的输入端相连,模拟比例积分微分控制器8的输出端与强度调制器4的偏压控制端相连。

[0016] 利用上述装置进行实时锁定单光子强度的方法如下:激光器1输出连续线偏振激光信号经过隔离器2后输出,隔离器的功能是防止后路光学器件的反射光进入激光器引起不稳定,经过隔离器2的输出光进入衰减器3衰减强度至单光子量级,平均光子数约为0.01,之后离散的单光子信号进入强度调制器4传输,激光信号传输效率由强度调制器4的偏置电压控制,图2表示激光信号经过强度调制器4的传输效率随偏置电压变化的测试结果,选择在强度调制器4的线性工作区域内进行锁定,经过强度调制器4的输出光进入光纤强度分束器5分为两束,其中一束光用于实验研究,另一束光进入单光子探测器6,单光子探测器6测

量单光子信号并转换为TTL脉冲信号,脉冲个数与输入光强成正比,之后数字脉冲信号进入光子计数器7,光子计数器7在设定积分时间内对数字脉冲统计计数并通过数模转换输出相应的模拟电压,输出模拟电压幅值与离散光子数成正比,之后模拟电压信号输入模拟比例积分微分控制器8并与模拟比例积分微分控制器8内参考电压进行比较运算生成误差信号。调节模拟比例积分微分控制器8的偏置电压为-2.4V,使其输出的误差信号处在强度调制器4的线性工作区域内调节单光子的传输效率,如果模拟电压幅度大于参考电压幅度,则模拟比例积分微分控制器8减小误差信号幅度使单光子传输效率变低;如果模拟电压幅度小于参考电压幅度,则模拟比例积分微分控制器8增大误差信号幅度使单光子传输效率变大,单光子探测器6将测量到的单光子信号转换为TTL脉冲信号输出,光子计数器7将数字脉冲信号进行数模转换输出新模拟电压,模拟比例积分微分控制器8将测量到的新模拟电压与参考电压再行比较分析获取新误差信号,将新误差信号加载到强度调制器4的偏压控制端口再次调节单光子强度,如此不断循环重复则可以锁定单光子强度到设定强度。锁定后通过调节模拟比例积分微分控制器8参数,使得示波器9上观察到的模拟电压起伏最小,便可将单光子的强度起伏压缩到最小。实验中待锁定单光子强度为600k,则设定比例积分微分器的参考电压为0.6V。图3表示未锁定单光子强度与锁定单光子强度的测量结果,可以看到未执行强度锁定时由于外部环境随机扰动和仪器缺陷等导致单光子强度在随机无规则变化,当执行负反馈闭环锁定时,反馈系统能够有效压缩单光子的强度起伏,在1800s内单光子强度起伏小于4%。

[0017] 本发明基于单光子探测将离散单光子信号转换为TTL脉冲信号,通过光子计数器将数字脉冲信号转换为模拟电压输出,利用模拟比例积分微分控制器将测量模拟电压与预先设定的参考电压进行负反馈运算获取误差信号,将误差信号加载到强度调制器的偏压端口连续调节单光子的传输效率,实现了闭环单光子强度锁定,有效压缩了单光子的强度起伏,而且可以实现锁定单光子强度的可调谐输出。

[0018] 本发明具有结构简单,实用性强,稳定性高,可调谐输出等特点,能够应用于量子通信、相干检测、量子成像等领域。

[0019] 应当指出,对于本技术领域的一般技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和应用,这些改进和应用也视为本发明的保护范围。

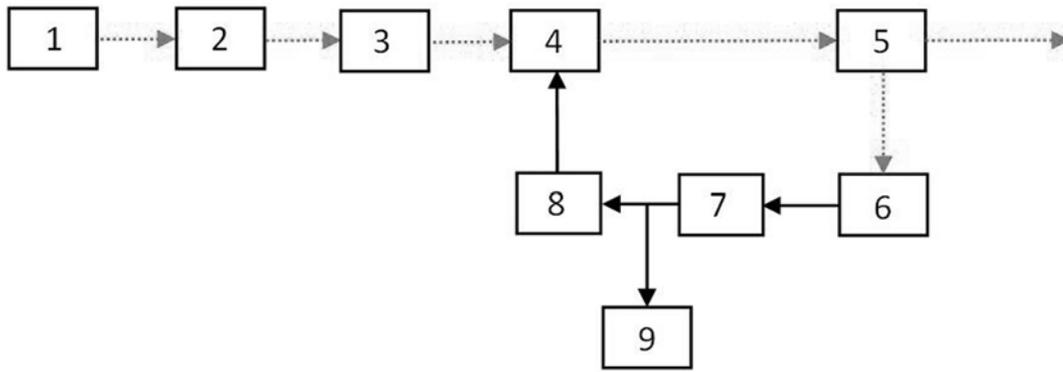


图1

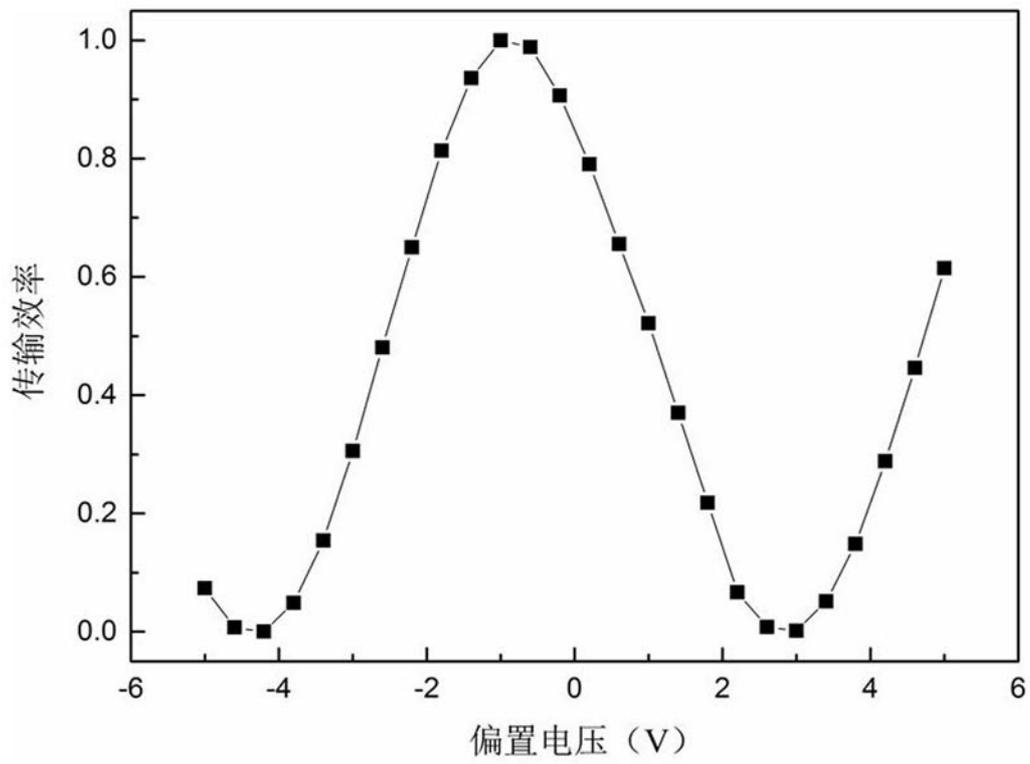


图2

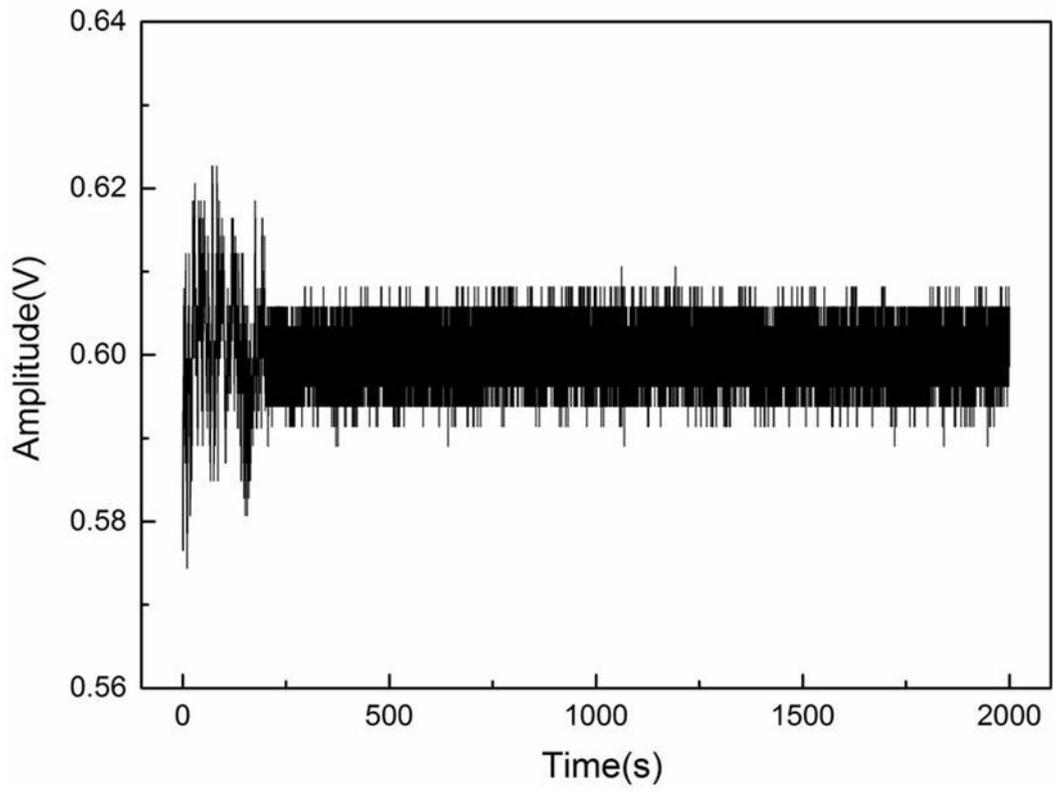


图3