



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110752913 B

(45) 授权公告日 2021.02.23

(21) 申请号 201810813907.8

H04B 10/25 (2013.01)

(22) 申请日 2018.07.23

审查员 董智青

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110752913 A

(43) 申请公布日 2020.02.04

(73) 专利权人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72) 发明人 李政宇 肖新华 吴裕平

(74) 专利代理机构 北京三高永信知识产权代理有限公司 11138

代理人 肖庆武

(51) Int. Cl.

H04L 9/08 (2006.01)

H04B 10/70 (2013.01)

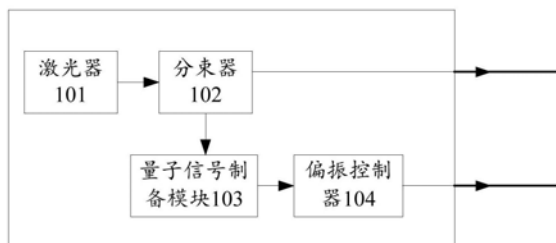
权利要求书4页 说明书23页 附图6页

(54) 发明名称

量子密钥传输装置及系统

(57) 摘要

本申请公开了一种量子密钥传输装置及系统,属于量子通信技术领域。在本申请中,量子密钥传输装置可以通过偏振控制器调整量子信号和参考信号的偏振方向,并将本振信号和调整后的量子信号分别送入不同的光纤中进行传输,这样,就不需要再通过时分复用和偏振复用的方式对本振信号和量子信号进行隔离,在此基础上,接收端的量子信号接收机中就不需要再引入额外的光程差进行延时补偿,从而使得接收端可以集成化、小型化。



1. 一种量子密钥发送装置,其特征在于,所述装置包括激光器、分束器、量子信号制备模块和偏振控制模块;

所述激光器用于输出第一光信号;

所述分束器用于接收所述第一光信号,将所述第一光信号分为第二光信号和第三光信号,将所述第二光信号通过第一光纤发送出去,并向所述量子信号制备模块发送所述第三光信号;

所述量子信号制备模块用于,对所述第三光信号进行调制,得到第一调制信号和第二调制信号,向所述偏振控制模块发送所述第一调制信号和所述第二调制信号,其中,所述第一调制信号携带待传输的随机密钥,所述第二调制信号携带待传输的参考数据;

所述偏振控制模块用于,对所述第一调制信号和所述第二调制信号的偏振方向进行调整,以及对所述第一调制信号和所述第二调制信号的光强进行衰减,得到量子信号和参考信号,其中,所述量子信号和所述参考信号通过第二光纤发送出去。

2. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第二光信号的光强大于所述第三光信号的光强。

3. 如权利要求1或2所述的装置,其特征在于,所述装置还包括接收器和处理器,

所述接收器用于接收偏振方向控制信息,并向所述处理器发送所述偏振方向控制信息;

所述处理器用于对所述偏振方向控制信息进行处理,得到第一控制信号,并向偏振控制器发送所述第一控制信号;

所述偏振控制模块具体用于,基于所述第一控制信号对所述第一调制信号和所述第二调制信号的偏振方向进行调整。

4. 如权利要求1或2所述的装置,其特征在于,所述量子信号制备模块包括量子随机数发生器、处理器和调制器;

所述量子随机数发生器用于产生随机数,并向所述处理器发送所述随机数;

所述处理器用于根据所述随机数,生成随机密钥,并根据所述随机密钥生成量子控制信号;还用于根据存储的参考数据生成参考控制信号,将所述量子控制信号和所述参考控制信号发送给所述调制器;

所述调制器用于根据所述量子控制信号对所述第三光信号进行调制,得到第一调制信号;根据所述参考控制信号对所述第三光信号进行调制,得到第二调制信号;将所述第一调制信号和所述第二调制信号发送给所述偏振控制模块。

5. 如权利要求4所述的装置,其特征在于,所述偏振控制模块包括偏振控制器和衰减器;

所述偏振控制器用于对所述第一调制信号和所述第二调制信号的偏振方向进行调整,将调整后的第一调制信号和调整后的第二调制信号发送给所述衰减器;

所述衰减器用于对所述调整后的第一调制信号进行衰减,得到所述量子信号;对所述调整后的第二调制信号进行衰减,得到所述参考信号。

6. 如权利要求4所述的装置,其特征在于,所述偏振控制模块包括偏振控制器和衰减器;

所述衰减器用于对所述第一调制信号和所述第二调制信号进行衰减,得到衰减后的第

一调制信号和衰减后的第二调制信号,将所述衰减后的第一调制信号和所述衰减后的第二调制信号发给所述偏振控制器;

所述偏振控制器,用于对所述衰减后的第一调制信号的偏振方向进行调整,得到所述量子信号;对所述衰减后的第二调制信号的偏振方向进行调整,得到所述参考信号。

7.如权利要求1或2所述的装置,其特征在于,所述第二光信号与所述第一光纤中传输的其他光信号的波长不同,所述第三光信号与所述第二光纤中传输的其他光信号的波长不同。

8.如权利要求1或2所述的装置,其特征在于,所述第二光纤还用于传输相干光信号,且所述第二光纤中传输的相干光信号的传输方向和所述第二光纤中传输的量子信号的传输方向相反。

9.一种量子密钥接收装置,其特征在于,所述装置包括量子探测模块和偏振控制模块;所述偏振控制模块用于从第一光纤接收本振信号,并调整所述本振信号的偏振方向,向所述量子探测模块发送调整后的本振信号;

所述量子探测模块用于从第二光纤接收量子信号和参考信号,对所述调整后的本振信号、所述量子信号和所述参考信号进行探测,得到探测结果,其中,所述量子信号携带有随机密钥,所述探测结果包括所述随机密钥的密钥信息;

或

所述偏振控制模块用于从所述第二光纤接收量子信号和参考信号,并调整所述量子信号和所述参考信号的偏振方向,向所述量子探测模块发送调整后的量子信号和调整后的参考信号;

所述量子探测模块用于从所述第一光纤接收本振信号,对所述本振信号、所述调整后的量子信号和所述调整后的参考信号进行探测,得到所述探测结果。

10.如权利要求9所述的装置,其特征在于,所述参考信号的偏振方向与所述量子信号的偏振方向一致,且所述参考信号携带参考数据,所述偏振控制模块包括偏振控制器;

所述偏振控制器用于从所述第一光纤接收所述本振信号,将所述本振信号的偏振方向调整为第一偏振方向,并向所述量子探测模块发送所述调整后的本振信号;

所述量子探测模块具体用于接收所述调整后的本振信号,从所述第二光纤接收所述量子信号和所述参考信号,对所述调整后的本振信号和所述参考信号的干涉信号进行探测,得到参考数据测量值;若所述参考数据测量值与存储的所述参考数据之间的偏差不大于允许偏差,则对所述量子信号和调整后的本振信号的干涉信号进行探测,得到所述探测结果;若所述参考数据测量值与存储的所述参考数据之间的偏差大于所述允许偏差,则基于所述参考数据测量值生成第二控制信号,并向所述偏振控制器发送所述第二控制信号;

所述偏振控制器还用于接收所述第二控制信号,基于所述第二控制信号更新所述本振信号的偏振方向,并重新向所述量子探测模块发送所述调整后的本振信号。

11.如权利要求9所述的装置,其特征在于,所述参考信号携带参考数据,所述偏振控制模块包括偏振控制器;

所述偏振控制器用于从所述第二光纤接收所述量子信号和所述参考信号,将所述量子信号和所述参考信号的偏振方向调整为第一偏振方向,并向所述量子探测模块发送调整后的量子信号和调整后的参考信号;

所述量子探测模块具体用于接收所述调整后的量子信号和所述调整后的参考信号,从所述第一光纤接收所述本振信号,对所述调整后的参考信号和所述本振信号的干涉信号进行探测,得到参考数据测量值;若所述参考数据测量值与存储的所述参考数据之间的偏差不大于允许偏差,则对调整后的量子信号和所述本振信号的干涉信号进行探测,得到所述探测结果;若所述参考数据测量值与存储的所述参考数据之间的偏差大于所述允许偏差,则基于所述参考数据测量值生成第四控制信号,并向所述偏振控制器发送所述第四控制信号;

所述偏振控制器还用于接收所述第四控制信号,基于所述第四控制信号更新所述量子信号和所述参考信号的偏振方向,并重新向所述量子探测模块发送调整后的量子信号和调整后的参考信号。

12. 如权利要求9所述的装置,其特征在于,所述偏振控制模块包括分束器、偏振分析仪和偏振控制器;

所述分束器用于从所述第一光纤接收所述本振信号,将所述本振信号分为第四光信号和第五光信号,并向所述偏振分析仪发送所述第四光信号,向所述偏振控制器发送所述第五光信号;

所述偏振分析仪用于分析所述第四光信号的偏振方向,基于所述第四光信号的偏振方向与目标偏振方向生成第三控制信号,向所述偏振控制器发送所述第三控制信号,所述目标偏振方向与所述量子信号的偏振方向之间的方向偏差不大于预设数值;

所述偏振控制器用于,根据所述第三控制信号将所述第五光信号的偏振方向调整为所述目标偏振方向,并向所述量子探测模块发送调整后的第五光信号;

所述量子探测模块具体用于接收调整后的第五光信号,从所述第二光纤接收所述量子信号和所述参考信号,对所述调整后的第五光信号、所述量子信号和所述参考信号进行探测,得到所述探测结果。

13. 如权利要求12所述的装置,其特征在于,所述第四光信号的光强小于所述第五光信号的光强。

14. 一种量子密钥接收装置,其特征在于,所述装置包括第一偏振分束器、第二偏振分束器、第一量子外差探测器、第二量子外差探测器和处理器;

所述第一偏振分束器用于从第一光纤接收本振信号,将所述本振信号分为第六光信号和第七光信号,并向所述第一量子外差探测器发送所述第六光信号,向所述第二量子外差探测器发送所述第七光信号;

所述第二偏振分束器用于从第二光纤接收量子信号和参考信号,将所述参考信号分为第八光信号和第九光信号,将所述量子信号分为第十光信号和第十一光信号,向所述第一量子外差探测器发送所述第八光信号和所述第十光信号,向所述第二量子外差探测器发送所述第九光信号和第十一光信号,所述量子信号携带有随机密钥;

所述第一量子外差探测器用于探测所述第六光信号和所述第八光信号的干涉信号,得到所述第八光信号的正则分量,探测所述第六光信号与所述第十光信号的干涉信号,得到所述第十光信号的正则分量,向所述处理器发送所述第八光信号的正则分量和所述第十光信号的正则分量;

所述第二量子外差探测器用于探测所述第七光信号和所述第九光信号的干涉信号,得

到所述第九光信号的正则分量,探测所述第七光信号与所述第十一光信号的干涉信号,得到所述第十一光信号的正则分量,向所述处理器发送所述第九光信号的正则分量和所述第十一光信号的正则分量;

所述处理器用于,对所述第八光信号的正则分量和所述第九光信号的正则分量进行处理,得到信号参数;基于所述信号参数对所述第十光信号的正则分量和所述第十一光信号的正则分量进行处理,得到初始密钥,所述初始密钥包括所述随机密钥的密钥信息。

15. 一种量子密钥传输系统,其特征在于,所述量子密钥传输系统包括量子密钥发送装置和量子密钥接收装置;

所述量子密钥发送装置为权利要求1-8中任一项所述的装置;

所述量子密钥接收装置用于从所述第一光纤接收本振信号,从所述第二光纤接收调整后的量子信号和调整后的参考信号,对所述本振信号、所述调整后的量子信号和所述调整后的参考信号进行探测,得到探测结果,其中,所述探测结果包括所述随机密钥的密钥信息;

或者,

所述量子密钥发送装置包括激光器、分束器和量子信号制备模块;所述激光器用于输出第一光信号;所述分束器用于接收所述第一光信号,将所述第一光信号分为第二光信号和第三光信号,将所述第二光信号通过第一光纤发送出去,并向所述量子信号制备模块发送所述第三光信号;所述量子信号制备模块用于,对所述第三光信号进行调制,得到量子信号和参考信号,将所述量子信号和所述参考信号通过第二光纤发送出去,其中,所述量子信号携带待传输的随机密钥;

所述量子密钥接收装置为权利要求9-13中任一项所述的装置。

量子密钥传输装置及系统

技术领域

[0001] 本申请涉及量子通信技术领域,特别涉及一种量子密钥传输装置及系统。

背景技术

[0002] 量子保密通信是近三十年来发展起来的一种新型的通信技术。量子保密通信是量子特性与传统密码结合的产物,主要利用量子力学的基本原理和特性来确保通信的安全性。当前,量子保密通信中最接近实用的技术是量子密钥传输。其中,量子密钥传输是指将随机密钥携带在量子信号中进行传输。

[0003] 在现有技术中,当进行量子密钥传输时,发送端可以制备本振信号和量子信号,并将本振信号和量子信号通过同一信道向接收端传输。由于本振信号的光强要远远大于量子信号的光强,因此,本振信号很容易对量子信号产生串扰。为了减小本振信号对量子信号的串扰,发送端通常可以采用时分复用和偏振复用对本振信号和量子信号进行隔离。其中,时分复用是指本振信号和量子信号的发送时刻有所差别,偏振复用是指本振信号和量子信号在进入光纤时的偏振方向是正交的。

[0004] 当采用时分复用来传输本振信号和量子信号时,接收端在接收到本振信号和量子信号之后,需要引入额外的光程差来补偿量子信号和本振信号之间的延时,这将导致接收端无法使用集成光学芯片,无法小型化。而采用偏振复用来传输本振信号和量子信号时,偏振复用器件的有限消光比将会限制本振信号的强度,导致接收端的信噪比下降。

发明内容

[0005] 本申请提供了一种量子密钥传输装置及系统,可以用于解决采用时分复用和偏振复用来隔离量子信号和本振信号时,所导致的接收端无法小型化且信噪比下降的问题。所述技术方案如下:

[0006] 第一方面,提供了一种量子密钥接收装置,所述装置包括激光器、分束器、量子信号制备模块和偏振控制模块;

[0007] 所述激光器用于输出第一光信号;

[0008] 所述分束器用于接收所述第一光信号,将所述第一光信号分为第二光信号和第三光信号,将所述第二光信号通过第一光纤发送出去,并向所述量子信号制备模块发送所述第三光信号;

[0009] 所述量子信号制备模块用于,对所述第三光信号进行调制,得到第一调制信号和第二调制信号,向所述偏振控制模块发送所述第一调制信号和所述第二调制信号,其中,所述第一调制信号携带待传输的随机密钥,所述第二调制信号携带待传输的参考数据;

[0010] 所述偏振控制模块用于,对所述第一调制信号和所述第二调制信号的偏振方向进行调整,以及对所述第一调制信号和所述第二调制信号的光强进行衰减,得到量子信号和参考信号,其中,所述量子信号和所述参考信号通过第二光纤发送出去。

[0011] 在本申请实施例中,量子密钥发送装置可以通过偏振控制器调整量子信号和参考

信号的偏振方向,并将本振信号和调整后的量子信号分别送入不同的光纤中进行传输,这样,就不需要再通过时分复用和偏振复用的方式对本振信号和量子信号进行隔离,在此基础上,接收端的量子信号接收机中就不需要再引入额外的光程差进行延时补偿,从而使得接收端可以集成化、小型化。并且,由于不再需要偏振复用来传输本振信号和量子信号,因此,解决了由于偏振复用器件的有限消光比所导致的对本振信号的强度的限制,提高了接收到的信噪比。另外,由于不再需要通过时分复用进行隔离,因此,用于传输量子信号的光纤不再需要分配资源用于本振信号的传输,也即,该光纤中的全部资源均可以用于量子信号的传输,提高了单位时间内量子信号的传输比例。

[0012] 在一种可能的实现方式中,所述第二光信号的光强大于所述第三光信号的光强。

[0013] 在一种可能的实现方式中,所述装置还包括接收器和处理器,

[0014] 所述接收器用于接收偏振方向控制信息,并向所述处理器发送所述偏振方向控制信息;

[0015] 所述处理器用于对所述偏振方向控制信息进行处理,得到第一控制信号,并向所述偏振控制器发送所述第一控制信号;

[0016] 所述偏振控制模块具体用于,基于所述第一控制信号对所述第一调制信号和所述第二调制信号的偏振方向进行调整。

[0017] 其中,偏振方向控制信息可以是接收端根据对参考信号和本振信号进行探测生成的探测结果反馈的用于指示要调整的偏振角度的角度信息。

[0018] 在一种可能的实现方式中,所述量子信号制备模块包括量子随机数发生器、处理器和调制器;所述量子随机数发生器用于产生随机数,并向所述处理器发送所述随机数;所述处理器用于根据所述随机数,生成随机密钥,并根据所述随机密钥生成量子控制信号;还用于根据存储的参考数据生成参考控制信号,将所述量子控制信号和所述参考控制信号发送给所述调制器;所述调制器用于根据所述量子控制信号对所述第三光信号进行调制,得到第一调制信号;根据所述参考控制信号对所述第三光信号进行调制,得到第二调制信号;将所述第一调制信号和所述第二调制信号发送给所述偏振控制模块。

[0019] 在一种可能的实现方式中,所述偏振控制模块包括偏振控制器和衰减器;所述偏振控制器用于对所述第一调制信号和所述第二调制信号的偏振方向进行调整,将调整后的第一调制信号和调整后的第二调制信号发送给所述衰减器;所述衰减器用于对所述调整后的第一调制信号进行衰减,得到所述量子信号;对所述调整后的第二调制信号进行衰减,得到所述参考信号。

[0020] 在一种可能的实现方式中,所述偏振控制模块包括偏振控制器和衰减器;所述衰减器用于对所述第一调制信号和所述第二调制信号进行衰减,得到衰减后的第一调制信号和衰减后的第二调制信号,将所述衰减后的第一调制信号和所述衰减后的第二调制信号发给所述偏振控制器;所述偏振控制器,用于对所述衰减后的第一调制信号的偏振方向进行调整,得到所述量子信号;对所述衰减后的第二调制信号的偏振方向进行调整,得到所述参考信号。

[0021] 在一种可能的实现方式中,所述第二光信号与所述第一光纤中传输的其他光信号的波长不同,所述第三光信号与所述第二光纤中传输的其他光信号的波长不同。

[0022] 在一种可能的实现方式中,所述第二光纤还用于传输相干光信号,且所述第二光

纤中传输的相干光信号的传输方向和所述第二光纤中传输的量子信号的传输方向相反。

[0023] 在本申请实施例中,将偏振控制器设置在量子密钥接收装置的量子信号路,根据量子密钥接收装置根据探测结果反馈的偏振方向控制信息来调整量子信号的偏振方向,以使得量子密钥接收装置接收到的量子信号的偏振方向与接收到的本振信号的偏振方向能够保持一致或者是保持二者之间的差值固定,或者保持接收到的量子信号的偏振方向能够始终稳定在一个偏振方向上,以此来提升量子信号和本振信号的干涉效果,进而保证探测结果的准确性。另外,由于制备好的量子信号要经过偏振控制器之后才能被送入第二光纤中进行传输,而偏振控制器本身对信号就具有一定的衰减作用,因此,在将调制后的第三光信号进行衰减以得到量子信号时,衰减器可以相应地减小对信号的衰减力度,降低了衰减器的工作负荷,且不会对本振信号的强度造成任何影响。

[0024] 第二方面,提供了一种量子密钥发送装置,所述装置包括激光器、分束器、量子信号制备模块和偏振控制器;

[0025] 所述激光器用于输出第一光信号;

[0026] 所述分束器用于接收所述第一光信号,将所述第一光信号分为第二光信号和第三光信号,向所述偏振控制器发送第二光信号,并向所述量子信号制备模块发送所述第三光信号;

[0027] 所述量子信号制备模块用于,对所述第三光信号进行调制,得到量子信号和参考信号,将所述量子信号和所述参考信号通过第二光纤发送出去,所述量子信号携带待传输的随机密钥;

[0028] 所述偏振控制器用于,对所述第二光信号的偏振方向进行调整,通过第一光纤将调整后的第二光信号作为本振信号发送出去。

[0029] 在本申请实施例中,量子密钥发送装置可以通过偏振控制器调整本振信号的偏振方向,并将量子信号和调整后的本振信号分别送入不同的光纤中进行传输,这样,就不需要再通过时分复用和偏振复用的方式来对本振信号和量子信号进行隔离,在此基础上,量子密钥接收装置中就不需要再引入额外的光程差进行延时补偿,从而使得接收端可以集成化、小型化。并且,由于不再需要偏振复用器件,因此,解决了由于偏振复用器件的有限消光比所导致的对本振信号的强度的限制,提高了接收到的信噪比。另外,由于不再需要通过时分复用进行隔离,因此,用于传输量子信号的光纤不再需要分配资源用于本振信号的传输,也即,该光纤中的全部资源均可以用于量子信号的传输,提高了单位时间内量子信号的传输比例。

[0030] 在一种可能的实现方式中,所述第二光信号的光强大于所述第三光信号的光强。

[0031] 在一种可能的实现方式中,所述装置还包括接收器和处理器,

[0032] 所述接收器用于接收偏振方向控制信息,并向所述处理器发送所述偏振方向控制信息;

[0033] 所述处理器用于对所述偏振方向控制信息进行处理,得到第一控制信号,并向所述偏振控制器发送所述第一控制信号;

[0034] 所述偏振控制器具体用于,基于所述第一控制信号对所述第二光信号的偏振方向进行调整,得到本振信号。

[0035] 其中,偏振方向控制信息可以是接收端根据对参考信号和本振信号进行探测生成

的探测结果反馈的用于指示要调整的偏振角度的角度信息。

[0036] 在一种可能的实现方式中,所述第二光信号与所述第一光纤中传输的其他光信号的波长不同,所述第三光信号与所述第二光纤中传输的其他光信号的波长不同。

[0037] 在一种可能的实现方式中,所述第二光纤还用于传输相干光信号,且所述第二光纤中传输的相干光信号的传输方向和所述第二光纤中传输的量子信号的传输方向相反。

[0038] 在通过两根光纤分别来传输本振信号和量子信号时,在传输过程中,本振信号和量子信号发生的偏振旋转是不同的,这样,为了保证量子密钥接收装置在接收到本振信号和量子信号之后,可以得到更加准确的探测结果,量子密钥发送装置中可以设置有偏振控制器,通过该偏振控制器,根据量子密钥接收装置根据探测结果反馈的偏振方向控制信息来调整本振信号的偏振方向,以使得量子密钥接收装置接收到的本振信号的偏振方向与接收到的量子信号的偏振方向能够保持一致或者是保持二者之间的差值固定,或者保持接收到的本振信号的偏振方向能够始终稳定在一个偏振方向上,以此来提升量子信号和本振信号的干涉效果,进而保证探测结果的准确性。

[0039] 第三方面,提供了一种量子密钥接收装置,所述装置包括量子探测模块和偏振控制模块;

[0040] 所述偏振控制模块用于从第一光纤接收本振信号,并调整所述本振信号的偏振方向,向所述量子探测模块发送调整后的本振信号;

[0041] 所述量子探测模块用于从第二光纤接收量子信号和参考信号,对所述调整后的本振信号、所述量子信号和所述参考信号进行探测,得到探测结果,其中,所述量子信号携带有随机密钥,所述探测结果包括所述随机密钥的密钥信息;

[0042] 或

[0043] 所述偏振控制模块用于从所述第二光纤接收量子信号和参考信号,并调整所述量子信号和所述参考信号的偏振方向,向所述量子探测模块发送调整后的量子信号和参考信号;

[0044] 所述量子探测模块用于从所述第一光纤接收本振信号,对所述本振信号、所述调整后的量子信号和所述调整后的参考信号进行探测,得到所述探测结果。

[0045] 在本申请实施例中,量子密钥接收装置可以接收通过两根不同的光纤传输的本振信号和量子信号,并通过设置在本振信号路或量子信号路的偏振控制模块来控制本振信号或量子信号的偏振方向。由于在传输过程中量子信号和本振信号没有采用时分复用和偏振复用的方式进行隔离,因此,量子密钥接收装置中就不需要引入额外的光程差进行延时补偿,从而使得量子密钥接收装置可以集成化、小型化。因此也避免了由于偏振复用器件的有限消光比所导致的本振信号的强度受限的问题,提高了接收端的信噪比。另外,通过偏振控制模块对本振信号或量子信号的偏振方向进行调整,可以使得本振信号的偏振方向与量子信号的偏振方向能够保持一致或者是保持二者之间的差值固定,或者使得本振信号的偏振方向能够始终稳定在一个偏振方向上,以此来提升量子信号和本振信号的干涉效果,进而保证探测结果的准确性。

[0046] 在一种可能的实现方式中,所述参考信号的偏振方向与所述量子信号的偏振方向一致,且所述参考信号携带参考数据,所述偏振控制模块包括偏振控制器;

[0047] 所述偏振控制器用于从所述第一光纤接收所述本振信号,将所述本振信号的偏振

方向调整为第一偏振方向,并向所述量子探测模块发送所述调整后的本振信号;

[0048] 所述量子探测模块具体用于接收所述调整后的本振信号,从所述第二光纤接收所述量子信号和所述参考信号,对所述调整后的本振信号和所述参考信号的干涉信号进行探测,得到参考数据测量值;若所述参考数据测量值与存储的所述参考数据之间的偏差不大于允许偏差,则对所述量子信号和调整后的本振信号的干涉信号进行探测,得到所述探测结果;若所述参考数据测量值与存储的所述参考数据之间的偏差大于所述允许偏差,则基于所述参考数据测量值生成第二控制信号,并向所述偏振控制器发送所述第二控制信号;

[0049] 所述偏振控制器还用于接收所述第二控制信号,基于所述第二控制信号更新所述本振信号的偏振方向,并重新向所述量子探测模块发送所述调整后的本振信号。

[0050] 在一种可能的实现方式中,所述参考信号携带参考数据,所述偏振控制模块包括偏振控制器;

[0051] 所述偏振控制器用于从所述第二光纤接收所述量子信号和所述参考信号,将所述量子信号和所述参考信号的偏振方向调整为第一偏振方向,并向所述量子探测模块发送调整后的量子信号和参考信号;

[0052] 所述量子探测模块具体用于接收所述调整后的量子信号和参考信号,从所述第一光纤接收所述本振信号,对所述调整后的参考信号和所述本振信号的干涉信号进行探测,得到参考数据测量值;若所述参考数据测量值与存储的所述参考数据之间的偏差不大于允许偏差,则对调整后的量子信号和所述本振信号的干涉信号进行探测,得到所述探测结果;若所述参考数据测量值与存储的所述参考数据之间的偏差大于所述允许偏差,则基于所述参考数据测量值生成第四控制信号,并向所述偏振控制器发送所述第四控制信号;

[0053] 所述偏振控制器还用于接收所述第四控制信号,基于所述第四控制信号更新所述量子信号和所述参考信号的偏振方向,并重新向所述量子探测模块发送调整后的量子信号和调整后的参考信号。

[0054] 在一种可能的实现方式中,所述偏振控制模块包括分束器、偏振分析仪和偏振控制器;

[0055] 所述分束器用于从所述第一光纤接收所述本振信号,将所述本振信号分为第四光信号和第五光信号,并向所述偏振分析仪发送所述第四光信号,向所述偏振控制器发送所述第五光信号;

[0056] 所述偏振分析仪用于分析所述第四光信号的偏振方向,基于所述第四光信号的偏振方向与目标偏振方向生成第三控制信号,向所述偏振控制器发送所述第三控制信号,所述目标偏振方向与所述量子信号的偏振方向之间的方向偏差不大于预设数值;

[0057] 所述偏振控制器用于,根据所述第三控制信号将所述第五光信号的偏振方向调整为所述目标偏振方向,并向所述量子探测模块发送调整后的第五光信号;

[0058] 所述量子探测模块具体用于接收调整后的第五光信号,从所述第二光纤接收所述量子信号和所述参考信号,对所述调整后的第五光信号、所述量子信号和所述参考信号进行探测,得到所述探测结果。

[0059] 在一种可能的实现方式中,所述第四光信号的光强小于所述第五光信号的光强。

[0060] 第四方面,提供了一种量子密钥接收装置,所述装置包括第一偏振分束器、第二偏振分束器、第一量子外差探测器、第二量子外差探测器和处理器;

[0061] 所述第一偏振分束器用于从第一光纤接收本振信号,将所述本振信号分为第六光信号和第七光信号,并向所述第一量子外差探测器发送所述第六光信号,向所述第二量子外差探测器发送所述第七光信号;

[0062] 所述第二偏振分束器用于从第二光纤接收所述量子信号和所述参考信号,将所述参考信号分为第八光信号和第九光信号,将所述量子信号分为第十光信号和第十一光信号,向所述第一量子外差探测器发送所述第八光信号和所述第十光信号,向所述第二量子外差探测器发送所述第九光信号和第十一光信号,所述量子信号携带有随机密钥;

[0063] 所述第一量子外差探测器用于探测所述第六光信号和所述第八光信号的干涉信号,得到所述第八光信号的正则分量,探测所述第六光信号与所述第十光信号的干涉信号,得到所述第十光信号的正则分量,向所述处理器发送所述第八光信号的正则分量和所述第十光信号的正则分量;

[0064] 所述第二量子外差探测器用于探测所述第七光信号和所述第九光信号的干涉信号,得到所述第九光信号的正则分量,探测所述第七光信号与所述第十一光信号的干涉信号,得到所述第十一光信号的正则分量,向所述处理器发送所述第九光信号的正则分量和所述第十一光信号的正则分量;

[0065] 所述处理器用于,对所述第八光信号的正则分量和所述第九光信号的正则分量进行处理,得到信号参数;基于所述信号参数对所述第十光信号的正则分量和所述第十一光信号的正则分量进行处理,得到初始密钥,所述初始密钥包括所述随机密钥的密钥信息。

[0066] 在本申请实施例中,量子密钥接收装置中可以不设置偏振控制模块,而是通过第一偏振分束器和第二偏振分束器分别对本振信号、量子信号和参考信号进行分束,之后,再通过第一量子外差探测器和第二量子外差探测器分别测量参考信号的正则分量和量子信号的正则分量,进而根据参考信号的正则分量计算信号参数,最终根据该信号参数对量子信号的正则分量进行处理,以得到初始密钥,以此来消除偏振旋转带来的影响,保证得到的密钥信息的准确性。

[0067] 第五方面,提供了一种量子密钥传输系统,所述量子密钥传输系统包括量子密钥发送装置和量子密钥接收装置;

[0068] 所述量子密钥发送装置为前述第一方面或第二方面中任一种可能的实现方式所述的装置;

[0069] 所述量子密钥接收装置用于从所述第一光纤接收本振信号,从所述第二光纤接收所述调整后的量子信号和所述调整后的参考信号,对所述本振信号、所述调整后的量子信号和所述调整后的参考信号进行探测,得到探测结果,其中,所述探测结果包括所述随机密钥的密钥信息;

[0070] 或者,

[0071] 所述量子密钥发送装置包括激光器、分束器和量子信号制备模块;所述激光器用于输出第一光信号;所述分束器用于接收所述第一光信号,将所述第一光信号分为第二光信号和第三光信号,将所述第二光信号通过第一光纤发送出去,并向所述量子信号制备模块发送所述第三光信号;所述量子信号制备模块用于,对所述第三光信号进行调制,得到量子信号和参考信号,将所述量子信号和所述参考信号通过第二光纤发送出去,其中,所述量子信号携带待传输的随机密钥;

[0072] 所述量子密钥接收装置为前述第三方面或第四方面中任一种可能的实现方式所述的装置。

[0073] 上述第二方面、第三方面、第四方面和第五方面所获得的技术效果与第一方面中对应的技术手段获得的技术效果近似,在这里不再赘述。

[0074] 本申请提供的技术方案带来的有益效果至少包括:

[0075] 本申请实施例提供了一种量子密钥发送装置,可以通过偏振控制器调整量子信号和参考信号的偏振方向,并将本振信号和调整后的量子信号分别送入不同的光纤中进行传输,这样,就不需要再通过时分复用和偏振复用的方式来对本振信号和量子信号进行隔离,在此基础上,接收端的量子信号接收机中就不需要再引入额外的光程差进行延时补偿,从而使得接收端可以集成化、小型化。并且,由于不再需要通过偏振复用来隔离本振信号和量子信号,因此,解决了由于偏振复用器件的有限消光比所导致的对本振信号的强度的限制,提高了接收端的信噪比。另外,由于也不再需要通过时分复用进行隔离,因此,用于传输量子信号的光纤不再需要分配资源用于本振信号的传输,也即,该光纤中的全部资源均可以用于量子信号的传输,提高了单位时间内量子信号的传输比例。

附图说明

[0076] 图1是本申请实施例提供了一种量子密钥发送装置的结构示意图;

[0077] 图2是本申请实施例提供了一种量子密钥发送装置的结构示意图;

[0078] 图3是本申请实施例提供了一种量子密钥发送装置的结构示意图;

[0079] 图4是本申请实施例提供了一种量子密钥发送装置的结构示意图;

[0080] 图5是本申请实施例提供了一种量子密钥发送装置的结构示意图;

[0081] 图6是本申请实施例提供了一种量子密钥发送装置的结构示意图;

[0082] 图7是本申请实施例提供了一种量子密钥发送装置的结构示意图;

[0083] 图8是本申请实施例提供了一种量子密钥发送装置的结构示意图;

[0084] 图9是本申请实施例提供了一种量子密钥接收装置的结构示意图;

[0085] 图10是本申请实施例提供了一种量子密钥接收装置的结构示意图;

[0086] 图11是本申请实施例提供了一种量子密钥接收装置的结构示意图;

[0087] 图12是本申请实施例提供了一种量子密钥接收装置的结构示意图;

[0088] 图13是本申请实施例提供了一种量子密钥接收装置的结构示意图;

[0089] 图14是本申请实施例提供了一种量子密钥传输系统的结构示意图;

[0090] 图15是本申请实施例提供了一种量子密钥传输系统的结构示意图。

具体实施方式

[0091] 为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本申请实施方式作进一步地详细描述。

[0092] 图1是本申请实施例提供了一种量子密钥发送装置的结构示意图。如图1所示,该装置包括激光器101、分束器102、量子信号制备模块103和偏振控制器104。

[0093] 其中,激光器101用于输出第一光信号。分束器102用于接收第一光信号,将第一光信号分为第二光信号和第三光信号,将第二光信号通过第一光纤发送出去,并向所述量子

信号制备模块103发送第三光信号;量子信号制备模块103用于,对第三光信号进行调制,得到量子信号和参考信号,向偏振控制器104发送量子信号和参考信号,量子信号携带待传输的随机密钥;偏振控制器104用于,对量子信号和参考信号的偏振方向进行调整,通过第二光纤将调整后的量子信号和调整后的参考信号发送出去。可选地,第二光信号的光强大于第三光信号的光强。

[0094] 示例性的,该激光器101可以为能够产生窄线宽、线偏振的光信号的激光器,可以为发射具有稳定相位关系的脉冲激光信号的激光器,也可以为发射连续激光信号的激光器。其中,激光器101包括一个输出端口,激光器101可以通过该输出端口输出第一光信号。可选地,由于后续通过第一光纤和第二光纤传输信号时,该第一光纤和第二光纤中可能还会传输有其他光信号,例如,该第一光纤和第二光纤中还可能传输有经典相干光信号,基于此,在本申请实施例中,激光器101可以输出与该第一光纤和第二光纤中传输的其他光信号的波长不同的第一光信号。

[0095] 分束器102可以包括一个输入端口和两个输出端口。其中,分束器102的输入端口与激光器101的输出端口连接,分束器102可以通过包括的输入端口接收激光器101发送的第一光信号,并按照该分束器102的分束比例将第一光信号分为第二光信号和第三光信号。其中,由于本振信号的光强通常越强越好,因此,可以将分束后光强较大的光信号作为第二光信号,而将光强较小的光信号作为第三光信号,其中,该分束器102的分束比例可以为10:90或者是1:99等。

[0096] 在将第一光信号分为第二光信号和第三光信号之后,分束器102可以通过包括的第一输出端口输出第二光信号,并通过包括的第二输出端口输出第三光信号。需要说明的是,分束器102的第一输出端口可以直接与第一光纤连接,或者,分束器102的第一输出端口可以通过耦合器与第一光纤连接,这样,从第一输出端口输出的第二光信号将作为本振信号通过第一光纤发送出去。而分束器102的第二输出端口可以与量子信号制备模块103连接。这样,通过该第二输出端口,分束器102可以将第三光信号发送至量子信号制备模块103。

[0097] 量子信号制备模块103可以接收分束器102发送的第三光信号,并基于随机密钥和参考数据对该第三光信号进行调制,从而得到携带有随机密钥的量子信号和携带有参考数据的参考信号。

[0098] 示例性的,参见图2,量子信号制备模块103可以包括量子随机数发生器1031、处理模块1032、调制器1033和衰减器1034。其中,量子随机数发生器1031用于产生随机数,并向处理模块1032发送该随机数。处理模块1032在接收到量子随机数发生器1031发送的随机数之后,可以按照协议标准对该随机数进行处理,从而生成随机密钥,并根据该随机密钥生成用于控制调制器1033调制量子信号的控制信号,除此之外,处理模块1032还可以根据存储的参考数据生成用于控制调制器1033调制参考信号的控制信号。之后,处理模块1032可以向调制器1033发送上述两种控制信号。调制器1033可以基于上述两种控制信号对第三光信号进行调制,得到量子信号和参考信号,并使量子信号和参考信号分别位于不同的频段上;调制器1033将调制后的信号发送给衰减器1034,衰减器1034对调制后的信号的强度进行衰减,从而得到携带有随机密钥的量子信号和携带有参考数据的参考信号。

[0099] 可选地,在一种可能的实现方式中,量子信号制备模块103可以采用时分的方式来

发送量子信号和参考信号,也即,量子信号制备模块103中的处理模块1032可以在某个时段内,根据随机密钥生成用于控制调制器1033的量子控制信号,进而通过该量子控制信号控制调制器1033进行调制,得到量子信号。而在与该时段不同的另一个时段内,则可以根据参考数据生成用于控制调制器1033的参考控制信号,进而根据该参考控制信号控制调制器1033进行调制,得到参考信号。

[0100] 可选地,除了可以通过时分复用或者频分复用的方式来发送量子信号和参考信号之外,量子信号制备模块103还可以通过偏振复用的方式来发送量子信号和参考信号,也即,量子信号制备模块103在将量子信号和参考信号输入到信道时,量子信号与参考信号的偏振方向可以是正交的,此时,调制器可以为双偏振调制器,例如,双偏振正交相移键控(Dual Polarization-Quadrature Phase Shift Keying,DP-QPSK)调制器。

[0101] 偏振控制器104可以包括第一输入端口、第二输入端口和输出端口。偏振控制器104可以通过包括的第一输入端口接收量子信号制备模块103发送的量子信号和参考信号,并通过第二输入端口接收第一控制信号,之后,偏振控制器104可以根据第一控制信号对量子信号和参考信号的偏振方向进行调整,并通过包括的输出端口输出调整后的量子信号和调整后的参考信号。其中,偏振控制器104的输出端口可以直接与第二光纤连接,也可以通过耦合器与第二光纤连接,这样,从偏振控制器104的输出端口输出的调整后的量子信号和调整后的参考信号可以通过第二光纤发送出去。

[0102] 需要说明的是,第一控制信号可以是量子密钥接收装置基于对参考信号和本振信号进行探测得到的探测结果生成并反馈的控制信号。

[0103] 可选地,在一种可能的实现方式中,量子密钥接收装置可以只根据对参考信号和本振信号进行探测得到的探测结果,生成并反馈偏振方向控制信息,由量子密钥发送装置来对该偏振方向控制信息进行处理,进而得到第一控制信号。在这种情况下,参见图3,该量子密钥发送装置中还可以包括接收器105和处理器106。其中,接收器105用于接收偏振方向控制信息,并向处理器106发送偏振方向控制信息;处理器106用于接收偏振方向控制信息,对偏振方向控制信息进行处理,得到第一控制信号,并向偏振控制器104发送第一控制信号;偏振控制器104具体用于,基于第一控制信号对量子信号和参考信号的偏振方向进行调整。

[0104] 需要说明的是,接收器105可以包括输入端口和输出端口。通过该输入端口,接收器105可以接收量子密钥接收装置反馈的偏振方向控制信息。其中,该偏振方向控制信息可以是用于指示要调整的偏振角度的角度信息。接收器105接收到该偏振方向控制信息之后,可以通过输出端口将该偏振方向控制信息输出至处理器106。

[0105] 处理器106可以包括输入端口和输出端口,其中,处理器106包括的输入端口与接收器105的输出端口连接,这样,处理器106可以通过包括的输入端口接收接收器105发送的偏振方向控制信息。而处理器106包括的输出端口则可以与偏振控制器104的第二输入端口进行连接,这样,在处理器106对该偏振方向控制信息进行处理得到第一控制信号之后,可以通过包括的输出端口向偏振控制器104发送第一控制信号。

[0106] 其中,由于量子密钥接收装置通常会将要调整的角度进行编码之后发送,因此,接收器105在将接收到的偏振方向控制信息发送至处理器106之后,处理器106可以根据与量子密钥接收装置事先协商好的协议标准,对该偏振方向控制信息进行解码,从而得到要调

整的偏振角度,之后,处理器106可以根据该偏振角度生成模拟信号,该模拟信号即为用于控制偏振控制器104进行偏振方向调整的第一控制信号。

[0107] 偏振控制器104在通过第二输入端口接收到第一控制信号之后,可以基于第一控制信号对量子信号制备模块103发送的量子信号和参考信号的偏振方向进行调整,进而得到调整后的量子信号和参考信号。

[0108] 可选地,在一种可能的实现方式中,为了提高参考信号的光强,以便在两条光纤的相位和偏振变化比较快的情况下,接收端能够根据该参考信号更准确的恢复量子信号携带的密钥信息,参见图4,该量子密钥发送装置还可以包括有分束器107和参考信号制备模块108。

[0109] 其中,分束器107的输入端口与分束器102的第二输出端口连接,分束器107的第一输出端口与量子信号制备模块103包括的调制器1033连接,分束器107的第二输出端口则与参考信号制备模块108连接。这样,分束器107可以通过包括的输入端口接收分束器102通过第二输出端口发送的第三光信号。分束器107在接收到第三光信号之后,可以将第三光信号分为两束光信号,其中,分束器107可以将两束光信号中的一束光信号通过包括的第一输出端口发送至调制器1033,而将另一束光信号用过第二输出端口发送至参考信号制备模块。

[0110] 量子信号制备模块103中的调制器1033可以接收分束器107发送的光信号,并参考前述介绍的方法对接收到的光信号进行调制,使得第一参考信号和量子信号分别位于不同的频段上。

[0111] 参考信号制备模块108可以接收分束器107发送的另一束光信号,并对接收到的光信号进行调制,从而得到第二参考信号,其中,第二参考信号和第一参考信号、量子信号所处的频段不同。

[0112] 示例性的,参考信号制备模块108可以包括移频器1081、处理模块1082、调制器1083 和衰减器1084。其中,分束器107的第二输出端口与移频器1081的输入端口连接,这样,移频器1081可以通过包括的输入端口接收分束器107发送的另一束光信号。在接收到分束器 107发送的光信号之后,移频器1081可以将接收到的光信号进行少量的频率偏移。之后,移频器1081可以将频率偏移后的光信号发送至调制器1083。

[0113] 处理模块1082可以根据存储的参考数据生成用于控制调制器1083 调制参考信号的控制信号,之后,处理模块1082可以通过输出端口将该控制信号发送至调制器1083。

[0114] 调制器1083包括两个输入端口和一个输出端口。其中,调制器1083的第一输入端口可以与移频器1081的输出端口连接,这样,调制器1083可以通过包括的第一输入端口接收移频器1081发送的频率偏移后的光信号。调制器1083的第二输入端口与处理模块1082的输出端口连接,这样,通过包括的第二输入端口,调制器1083可以接收处理模块1082发送的用于调制第二参考信号的控制信号。调制器1083在接收到处理模块1082发送的控制信号之后,可以基于该控制信号对接收到的移频器1081发送的频率偏移的光信号进行调制,并将调制后的信号通过输出端口发送至衰减器1084。其中,调制后的信号与第一参考信号携带有相同的参考数据。

[0115] 衰减器1084在接收到调制后的信号之后,可以对该调制后的信号进行衰减,从而得到第二参考信号,并将第二参考信号发送至偏振控制器104。

[0116] 偏振控制器104可以接收第一参考信号、量子信号和第二参考信号,同时,偏振控

制器 104还可以接收第一控制信号,并根据第一控制信号对第一参考信号、量子信号和第二参考信号的偏振方向进行调整,之后,偏振控制器可以通过包括的输出端口将调整偏振方向后的第一参考信号、量子信号和第二参考信号通过第二光纤发送出去。

[0117] 在本申请实施例中,由于量子信号的光强非常小,因此,与量子信号一起生成的第一参考信号也很难达到很高的光强,而在该种实现方式中,通过在量子密钥发送装置中设置参考信号制备模块,第二参考信号可以通过单独的参考信号制备模块来生成,这样,第二参考信号的光强则可以进行单独的控制,从而使得第二参考信号的光强大于第一参考信号的光强,这样,将第一参考信号和第二参考信号同时向接收端发送,接收端接收到两份参考信号,也即参考信号的光强将大大提高,在此基础上,根据该参考信号可以更为准确的恢复量子信号中携带的密钥信息。

[0118] 可选地,量子信号制备模块103可以包括量子随机数发生器1031,处理模块1032和调制器1033;参考信号制备模块108可以包括移频器1081,处理模块1082和调制器1083。上述器件功能与图5实施例描述一致,在此不再赘述。调制器1033的输出端和调制器1083的输出端均与偏振控制器104相连,经过偏振调整后,将调整后的信号发送给衰减器109,得到调整后的第一参考信号,第二参考信号和量子信号,并通过第二光纤发送出去。可选地,分束器107的分给参考信号制备模块108的信号的光强高于分给所述量子信号制备模块103的光强。

[0119] 在本申请实施例中,量子密钥发送装置可以通过第一光纤发送本振信号,通过第二光纤发送调整后的量子信号和参考信号。其中,第一光纤和第二光纤可以是专门设置于量子密钥发送装置和量子密钥接收装置之间用于量子通信的光纤。可选地,在一种可能的实现方式中,考虑到经典相干通信系统中,存在通过两根光纤来传输相干光信号,以此来实现双向通信的场景;因此,在本申请实施例中,包括有量子密钥发送装置和量子密钥接收装置的量子通信系统可以与经典相干通信系统共用两根光纤进行信号的传输。也即,本申请实施例中的第一光纤和第二光纤不仅可以用于量子通信,还可以用于在经典相干通信系统中传输相干光信号。在此基础上,为了将在第一光纤中传输的第二光信号和其他相干光信号区分隔离开来,第二光信号的波长可以与第一光纤中的其他相干光信号的波长不同。同时,为了将在第二光纤中传输的量子信号和参考信号与第二光纤中传输的其他相干光信号区分隔离开来,用于生成量子信号和参考信号的第三光信号的波长也可以与第二光纤中传输的其他相干光信号的波长不同。可选地,所述第二光纤中传输的相干光信号的传输方向和所述第二光纤中传输的量子信号的传输方向相反。

[0120] 在本申请实施例中,量子密钥发送装置可以通过偏振控制器调整量子信号和参考信号的偏振方向,并将本振信号和调整后的量子信号分别送入不同的光纤中进行传输,这样,就不需要再通过时分复用和偏振复用的方式对本振信号和量子信号进行隔离,在此基础上,作为接收端的量子密钥接收装置中就不需要再引入额外的光程差进行延时补偿,从而使得接收端可以集成化、小型化。并且,解决了由于偏振复用器件的有限消光比所导致的对本振信号的强度的限制,提高了接收到的信噪比。另外,由于不再需要通过时分复用进行隔离,因此,用于传输量子信号的光纤不再需要分配资源用于本振信号的传输,也即,该光纤中的全部资源均可以用于量子信号的传输,提高了单位时间内量子信号的传输比例。

[0121] 另外,在通过两根光纤分别来传输本振信号和量子信号时,在传输过程中,本振信

号和量子信号发生的偏振旋转是不同的,这样,为了保证量子密钥接收装置在接收到本振信号和量子信号之后,可以得到更加准确的探测结果,量子密钥发送装置中可以设置有偏振控制器 104,通过该偏振控制器104,根据量子密钥接收装置根据探测结果反馈的偏振方向控制信息来调整量子信号的偏振方向,以使得量子密钥接收装置接收到的量子信号的偏振方向与接收到的本振信号的偏振方向能够保持一致或者是保持二者之间的差值固定,或者保持接收到的量子信号的偏振方向能够始终稳定在一个偏振方向上,以此来提升量子信号和本振信号的干涉效果,进而保证探测结果的准确性。

[0122] 还需要说明的是,在本申请实施例中,将偏振控制器设置在量子信号路,由于制备好的量子信号要经过偏振控制器之后才能被送入第二光纤中进行传输,而偏振控制器本身对信号就具有一定的衰减作用,因此,在将调制后的第三光信号进行衰减以得到量子信号时,衰减器可以相应地减小对信号的衰减力度,降低了衰减器的工作负荷。

[0123] 在上述实施例中,偏振控制器设置在量子信号制备模块之后,可选地,偏振控制器还可以设置在量子信号制备模块内部。

[0124] 参见图6,提供了另一种量子密钥发送装置。如图6所示,该装置中包括激光器201、分束器202,量子信号制备模块203和偏振控制模块204。其中,量子信号制备模块203包括量子随机数发生器2031、处理模块2032、调制器2033;偏振控制模块204包括偏振控制器2041、衰减器2042。

[0125] 其中,激光器201的功能可以参考前述实施例中激光器101的解释说明,分束器202的功能可以参考前述实施例中分束器102的解释说明,本申请实施例在此不再赘述。

[0126] 需要说明的是,量子信号制备模块203包括的量子随机数发生器2031用于产生随机数,并向处理模块2032发送该随机数。

[0127] 处理模块2032在接收到量子随机数发生器2031发送的随机数之后,可以按照协议标准对该随机数进行处理,从而生成随机密钥,并根据该随机密钥生成用于控制调制器2033调制量子信号的控制信号,除此之外,处理模块2032还可以根据存储的参考数据生成用于控制调制器2033调制参考信号的控制信号。之后,处理模块2032可以向调制器2033发送上述两种控制信号。

[0128] 调制器2033可以接收处理模2032发送的控制信号,并接收分束器202发送的第三光信号,基于控制信号对第三光信号进行调制,得到量子信号和参考信号,并使量子信号和参考信号分别位于不同的频段上,调制器2033将调制后的信号发送给偏振控制器2041。

[0129] 偏振控制器2041可以用于接收第一控制信号以及调制器2033发送的调制后的信号,并基于第一控制信号对调制后的信号的偏振方向进行调整,向衰减器2042发送调整偏振方向后的信号。其中,该第一控制信号可以是量子密钥接收装置基于对参考信号和本振信号进行探测得到的探测结果生成并反馈的控制信号。

[0130] 衰减器2042用于对调整偏振方向后的信号的强度进行衰减,从而得到携带有随机密钥的量子信号和携带有参考数据的参考信号,并通过第二光纤发送该量子信号和参考信号。

[0131] 可选地,该量子密钥发送装置还可以包括接收器205和处理器206。其中,该接收器205 和处理器206的功能可以参考前述实施例中接收器105和处理器106的功能,本申请实施例在此不再赘述。

[0132] 在本申请实施例中,偏振控制器在调制器与衰减器之间,也即,可以将偏振控制器设置在量子信号路,由于偏振控制器本身对信号存在一定的衰减作用,因此,将偏振控制器设置在衰减器之前,经过偏振控制器调整偏振方向后的信号的强度将会减小,这样,衰减器对该调整偏振方向后的信号进行衰减时可以适当的减小衰减力度,降低了衰减器的工作负荷。

[0133] 在上述实施例中,偏振控制器被设置在量子信号路,用于对量子信号和参考信号的偏振方向进行调整。可选地,在一种可能的实现方式中,偏振控制器也可以被设置在本振信号路,也即,用于对本振信号的偏振方向进行调整。接下来将对偏振控制器设置在本振信号路的实现方式进行详细的解释说明。

[0134] 参见图7,提供了一种量子密钥发送装置,该装置包括激光器301、分束器302、偏振控制器303和量子信号制备模块304。

[0135] 其中,激光器301用于输出第一光信号。分束器302用于接收第一光信号,将第一光信号分为第二光信号和第三光信号,向偏振控制器303发送第二光信号,并向量子信号制备模块304发送第三光信号,其中,第二光信号的光强大于第三光信号的光强;偏振控制器303用于对第二光信号的偏振方向进行调整,将调整后的第二光信号通过第一光纤发送出去。量子信号制备模块304用于对第三光信号进行调制,得到量子信号和参考信号,并将量子信号和参考信号通过第二光纤发送出去。

[0136] 其中,激光器301的功能可以参考前述实施例中激光器101的解释说明,本申请实施例在此不再赘述。

[0137] 分束器302可以包括一个输入端口和两个输出端口。其中,分束器302的输入端口与激光器301的输出端口连接,分束器302可以通过包括的输入端口接收激光器301发送的第一光信号,并按照该分束器302的分束比例将第一光信号分为第二光信号和第三光信号。其中,由于本振信号的光强通常越强越好,因此,可以将分束后光强较大的光信号作为第二光信号,而将光强较小的光信号作为第三光信号,其中,该分束器302的分束比例可以为10:90或者是1:99。

[0138] 在将第一光信号分为第二光信号和第三光信号之后,分束器302可以通过包括的第一输出端口输出第二光信号,并通过包括的第二输出端口输出第三光信号。需要说明的是,分束器302的第一输出端口与偏振控制器303的第一输入端口连接,这样,通过该分束器的第一输出端口可以将第二光信号发送至偏振控制器303。而分束器302的第二输出端口可以与量子信号制备模块304连接。这样,通过该第二输出端口,分束器302可以将第三光信号发送至量子信号制备模块304。

[0139] 偏振控制器303可以包括第一输入端口、第二输入端口和输出端口。其中,偏振控制器303可以通过包括的第一输入端口接收分束器302发送的第二光信号,并通过第二输入端口接收第一控制信号,之后,偏振控制器303可以根据第一控制信号对第二光信号的偏振方向进行调整,并通过包括的输出端口输出调整后的第二光信号。其中,偏振控制器303的输出端口可以直接与第一光纤连接,也可以通过耦合器或环形器与第一光纤连接,这样,偏振控制器303可以将调整后的第二光信号作为本振信号通过第一光纤发送出去。

[0140] 需要说明的是,第一控制信号可以是量子密钥接收装置基于对参考信号和本振信号进行探测得到的探测结果生成并反馈的控制信号。

[0141] 可选地,在一种可能的实现方式中,该量子密钥发送装置中还可以包括接收器305和处理器306。在这种情况下,量子密钥接收装置可以根据对参考信号和本振信号进行探测得到的探测结果生成并反馈偏振方向控制信息,而该量子密钥发送装置可以通过接收器305接收该偏振方向控制信息,并由处理器306对该偏振方向控制信息进行处理,以得到第一控制信号。

[0142] 需要说明的是,接收器305和处理器306的功能可以参考前述实施例中接收器105处理器106的解释说明,本申请实施例在此不再赘述。

[0143] 量子信号制备模块304的实现方式同样可以参考前述实施例中如图4所示的量子信号制备模块103的相关实现方式,也可以参考前述实施例中如图6所示的量子信号制备模块203 的相关实现方式,本申请实施例在此不再赘述。

[0144] 需要说明的是,量子信号制备模块304的输出端口可以直接与第二光纤连接,也可以通过耦合器或环形器与第二光纤进行连接。这样,量子信号制备模块304在制备得到量子信号和参考信号之后,可以将该量子信号和参考信号通过该第二光纤发送出去。

[0145] 可选地,如图8所示,所述量子密钥发送装置还包括分束器307和参考信号制备模块308,所述分束器307用于将所述第三光信号分成两束,一束发送给所述量子信号制备模块304,另一束发送给参考信号制备模块308;所述参考设备制备模块可以参考前述实施例中如图5 所示的参考信号制备模块108的相关实现方式,本申请对此不做限定。

[0146] 在本申请实施例中,量子密钥发送装置可以通过偏振控制器调整本振信号的偏振方向,并将量子信号和调整后的本振信号分别送入不同的光纤中进行传输,这样,就不需要再通过时分复用和偏振复用的方式来对本振信号和量子信号进行隔离,在此基础上,量子密钥接收装置中就不需要再引入额外的光程差进行延时补偿,从而使得接收端可以集成化、小型化。并且,由于不再需要通过时分复用进行隔离,因此,解决了由于偏振复用器件的有限消光比所导致的对本振信号的强度的限制,提高了接收到的信噪比。另外,不再需要通过时分复用进行隔离,因此,用于传输量子信号的光纤不再需要分配资源用于本振信号的传输,也即,该光纤中的全部资源均可以用于量子信号的传输,提高了单位时间内量子信号的传输比例。

[0147] 另外,在通过两根光纤分别来传输本振信号和量子信号时,在传输过程中,本振信号和量子信号发生的偏振旋转是不同的,这样,为了保证量子密钥接收装置在接收到本振信号和量子信号之后,可以得到更加准确的探测结果,量子密钥发送装置中可以设置有偏振控制器,通过该偏振控制器,根据量子密钥接收装置根据探测结果反馈的偏振方向控制信息来调整本振信号的偏振方向,以使得量子密钥接收装置接收到的本振信号的偏振方向与接收到的量子信号的偏振方向能够保持一致或者是保持二者之间的差值固定,或者保持接收到的本振信号的偏振方向能够始终稳定在一个偏振方向上,以此来提升量子信号和本振信号的干涉效果,进而保证探测结果的准确性。

[0148] 前述实施例中主要介绍了本申请实施例提供的一种量子密钥发送装置。该量子密钥发送装置不仅可以将本振信号和量子信号分别送入不同的光纤进行传输,而且,可以对量子信号或本振信号的偏振方向进行调整,以使得作为接收端的量子密钥接收装置接收到的本振信号和量子信号在发生的不同的偏振旋转后能够保持偏振方向一致或者方向差固定,或者是使得量子密钥接收装置接收到的本振信号或量子信号能够始终稳定在一个偏振

方向上,从而保证探测结果的准确性。可选地,在一种可能的实现方式中,量子密钥发送装置可以不包括偏振控制器,也即,量子密钥发送装置可以仅负责将本振信号和量子信号分别送入不同的光纤进行传输,而由量子密钥接收装置对接收到的本振信号或量子信号的偏振方向进行调整,以此来使得本振信号和量子信号在发生的不同的偏振旋转后能够保持偏振方向一致或者方向差固定。

[0149] 基于上述描述,参见图9,本申请实施例提供了一种量子密钥接收装置。该装置包括量子探测模块401和偏振控制模块402。

[0150] 其中,偏振控制模块402用于从第一光纤接收本振信号,并调整本振信号的偏振方向,向量子探测模块401发送调整后的本振信号;量子探测模块401用于从第二光纤接收量子信号和参考信号,对调整后的本振信号、量子信号和参考信号进行探测,以得到探测结果,量子信号携带有随机密钥,探测结果包括随机密钥的密钥信息。

[0151] 示例性的,在一种可能的实现方式中,参见图10,偏振控制模块402可以包括偏振控制器4021。在这种情况下,该偏振控制器4021可以包括有第一输入端口、第二输入端口和输出端口。其中,该偏振控制器4021的第一输入端口可以直接与第一光纤连接,或者,该偏振控制器4021的第一输入端口可以通过耦合器或环形器与第一光纤连接。通过该第一输入端口,偏振控制器4021可以接收量子密钥发送装置通过第一光纤发送的本振信号。通过第二输入端口,偏振控制器4021可以接收量子探测模块401在当前时刻之前基于本振信号和参考信号的探测结果生成的第二控制信号。之后,偏振控制器可以基于该第二控制信号将该本振信号的偏振方向调整为第一偏振方向,并向量子探测模块发送调整后的本振信号,其中,第一偏振方向可以与量子信号的偏振方向一致,也可以与量子信号的偏振方向成一个固定方向差。

[0152] 其中,参考信号携带有参考数据,该参考数据是量子密钥发送装置和量子密钥接收装置事先协商好的。并且,参考信号的偏振方向和量子信号的偏振方向一致。另外,需要说明的是,若该偏振控制器4021为首次接收到本振信号,则将该本振信号调整到一个预设的偏振方向上,并向量子信号探测模块401发送该调整后的本振信号,也即,若为首次接收到本振信号,则在第一次调整时,将本振信号的偏振调整为第一偏振方向是指将本振信号调整到一个预设的偏振方向上。

[0153] 量子探测模块401可以包括第一输入端口、第二输入端口和输出端口。其中,通过包括的第一输入端口,可以接收量子密钥发送装置通过第二光纤发送的量子信号和参考信号。通过包括的第二输入端口,量子探测模块401可以接收调整后的本振信号。其中,若该量子信号和参考信号是通过频分复用的方式发送的,则量子探测模块401在接收到量子信号和参考信号时,可以从参考信号所在的频段上提取参考信号,并对该参考信号和调整后的本振信号的干涉信号进行探测,以得到参考数据测量值。若参考数据测量值与存储的参考数据之间的偏差不大于允许偏差,则说明参考信号和调整后的本振信号的干涉效果较好,也即,调整后的本振信号的偏振方向是合适的,由于参考信号与量子信号的偏振方向是一致的,因此,调整后的本振信号在与量子信号发生干涉时的干涉效果也将较好,基于此,量子探测模块401可以对量子信号与调整后的本振信号的干涉信号进行测量,以得到探测结果,进而根据该探测结果获取随机密钥的密钥信息。

[0154] 当然,若参考数据测量值与存储的参考数据之间的偏差大于允许偏差,则说明参

考信号和调整后的本振信号的干涉效果较差,此时,需要继续调整本振信号的偏振方向,因此,量子探测模块401可以根据该参考数据测量值和参考数据之间的差值生成第二控制信号,并通过输出端口输出该第二控制信号给偏振控制器4021。

[0155] 可选地,若参考信号和量子信号是通过时分复用的方式发送的,则量子探测模块401在接收到参考信号时,可以通过不断调整本振信号的方向来确定参考信号与本振信号的干涉效果最好时的本振信号的偏振方向,并在接收到量子信号时,按照最终确定的本振信号的偏振方向来调整本振信号,以提升调整后的本振信号与量子信号的干涉效果,进而保证探测结果的准确性。

[0156] 其中,量子探测模块401可以为探测单一偏振方向信号的量子探测器,也可以为探测正交偏振方向信号的量子探测器,本申请不做限定。

[0157] 偏振控制器4021还可以包括第二输入端口,该第二输入端口与量子探测模块401的输出端口连接,用于接收量子探测模块401发送的第二控制信号,基于第二控制信号对当前接收到的本振信号的偏振方向进行调整,并重新向量子探测模块发送调整后的本振信号,直到量子探测模块401检测到的参考数据测量值与参考数据之间的差值不大于允许偏差时,则按照最后一次调整的本振信号的偏振方向来调整后续接收到的本振信号的偏振方向。

[0158] 可选地,在另一种可能的实现方式中,参见图11,偏振控制模402可以包括偏振控制器 4021、分束器4022和偏振分析仪4023。

[0159] 其中,分束器4022用于从第一光纤接收本振信号,将本振信号分为第四光信号和第五光信号,并向偏振分析仪4023发送第四光信号,向偏振控制器4021发送第五光信号,第四光信号的光强小于第五光信号的光强;偏振分析仪4023用于接收第四光信号,分析第四光信号的偏振方向,并基于第四光信号的偏振方向与目标偏振方向生成第三控制信号,向偏振控制器4021发送第三控制信号;偏振控制器4021用于接收第五光信号和第三控制信号,基于第三控制信号将第五光信号的偏振方向调整为目标偏振方向,并向量子探测模块401发送调整后的第五光信号;量子探测模块401具体用于接收调整后的第五光信号,从第二光纤接收量子信号和参考信号,对调整后的第五光信号、量子信号和参考信号进行探测,以得到探测结果。

[0160] 需要说明的是,在该种实现方式中,分束器4022包括输入端口、第一输出端口和第二输出端口。其中,分束器4022的输入端口可以直接与第一光纤连接,也可以通过耦合器或环形器与第一光纤连接,这样,通过包括的输入端口,分束器4022可以接收量子密钥发送装置通过第一光纤发送的本振信号。之后,分束器4022可以将接收到的本振信号按照一定的分束比例分为第四光信号和第五光信号,其中,第四光信号将被用于进行偏振方向的分析,因此,光强可以较小,而第五光信号将作为本振信号与量子信号和参考信号进行干涉,因此需要保证第五光信号的光强达到一定的强度。基于此,在通过分束器4022分束时,第四光信号的光强可以相对较小。示例性的,分束比例可以为1:99,按照该分束比例进行分束,得到占本振信号1%的第四光信号和占本振信号99%的第五光信号。

[0161] 在得到第四光信号和第五光信号之后,分束器4022可以通过第一输出端口向偏振分析仪 4023发送第四光信号,并通过第二输出端口向偏振控制器4021发送第五光信号。

[0162] 偏振分析仪4023可以包括输入端口和输出端口。其中,输入端口与分束器4022的

第一输出端口连接,这样,通过该输入端口,偏振分析仪4023可以接收第四光信号。在接收到第四光信号之后,偏振分析仪可以对第四光信号的偏振方向进行分析,并将分析得到的第四光信号的偏振方向与目标偏振方向进行比较,从而根据第四光信号的偏振方向与目标偏振方向之间的差值生成第三控制信号。通过包括的输出端口输出该第三控制信号。

[0163] 偏振控制器4021包括第一输入端口、第二输入端口和输出端口。其中,第一输入端口与分束器4022的第二输出端口连接,这样,偏振控制器4021可以接收分束器4022输出的第五光信号。第二输入端口与偏振分析仪4023的输出端口连接,这样,偏振控制器4021可以接收偏振分析仪4023输出的第三控制信号。偏振控制器4021可以基于接收到的第三控制信号对第五光信号的偏振方向调整为目标偏振方向,并通过输出端口向量子探测模块401发送调整后的第五光信号。

[0164] 需要说明的是,目标偏振方向与量子信号的偏振方向之间的方向偏差不大于预设数值,当该方向偏差为0时,表明量子信号与本振信号的偏振方向是一致的,此时,量子信号和本振信号的干涉效果是最好的。当然,若该方向偏差大于0,则随着方向偏差的增大,本振信号与量子信号的干涉效果将逐渐变差。因此,在本申请实施例中,该预设数值可以尽可能取较小的值,例如,该预设数值可以为 5° 、 8° 或 10° 等等。

[0165] 量子探测模块401可以接收偏振控制器4021发送的调整后的第五光信号,并对调整后的第五光信号与量子信号的干涉信号进行探测,从而得到包含有随机密钥的密钥信息的探测结果。

[0166] 可选地,由于本振信号在传输过程中存在功率衰减,而为了保证本振信号和量子信号的干涉效果,本振信号的功率需要达到一定的强度,基于此,在该量子密钥接收装置中还可以设置有光放大器。其中,该光放大器可以设置在偏振控制模块之前,也可以设置在偏振控制模块与量子探测模块之间。也即,量子密钥接收装置可以通过该光放大器接收第一光纤中传输的本振信号,并对该本振信号进行放大,之后,将放大后的本振信号输出至偏振控制模块进行偏振方向的调整。或者,量子密钥接收装置可以通过偏振控制模块对本振信号的偏振方向进行之后,将调整后的本振信号输入该光放大模块进行功率放大,之后,将放大后的本振信号输出至量子探测模块。

[0167] 在本申请实施例中,量子密钥接收装置可以接收通过两根不同的光纤传输的本振信号和量子信号,并基于接收到的本振信号和量子信号来获取探测结果,由于在传输过程中量子信号和本振信号不需要采用时分复用和偏振复用的方式进行隔离,因此,量子密钥接收装置中就不需要引入额外的光程差进行延时补偿,从而使得量子密钥接收装置可以集成化、小型化。并且,由于不再需要偏振复用来隔离本振信号和量子信号,因此也避免了由于偏振复用器件的有限消光比所导致的本振信号的强度受限的问题,提高了接收端的信噪比。

[0168] 另外,由于本振信号和量子信号在两根光纤传输时发生的偏振旋转不同,因此,量子密钥接收装置中可以通过在本振信号路设置偏振控制模块来对本振信号的偏振方向进行调整,以使得调整后的本振信号的偏振方向与量子信号的偏振方向能够保持一致或者是保持二者之间的差值固定,或者使得调整后的本振信号的偏振方向能够始终稳定在一个偏振方向上,以此来提升量子信号和本振信号的干涉效果,进而保证探测结果的准确性。

[0169] 在图9-图11所提供的量子密钥接收装置中,通过在本振信号路设置偏振控制模块

来对本振信号的偏振方向进行调整。可选地,在一种可能的实现方式中,也可以将偏振控制模块设置在量子密钥接收装置的量子信号路,通过调整量子信号的偏振方向来使得量子信号的偏振方向与本振信号偏振方向之间的方向偏差不大于预设数值。

[0170] 示例性的,参见图12,提供了一种量子密钥接收装置,该装置包括量子探测模块501和偏振控制模块502。

[0171] 其中,偏振控制模块502用于从第二光纤接收量子信号和参考信号,并调整量子信号和参考信号的偏振方向,向量子探测模块501发送调整后的量子信号和参考信号;量子探测模块501用于从第一光纤接收本振信号,对本振信号、调整后的量子信号和调整后的参考信号进行探测,以得到探测结果。

[0172] 需要说明的是,偏振控制模块502可以为偏振控制器。该偏振控制模块502可以包括第一输入端口、第二输入端口和输出端口。其中,该偏振控制模块502的第一输入端口可以直接与第二光纤连接,或者,该偏振控制模块502的第一输入端口可以通过耦合器或环形器与第二光纤连接。通过该第一输入端口,偏振控制模块502可以接收量子密钥发送装置通过第二光纤发送的量子信号和参考信号。通过第二输入端口,偏振控制模块502可以接收量子探测模块501在当前时刻之前基于本振信号和参考信号的探测结果生成的第四控制信号。之后,偏振控制模块502可以基于该第四控制信号将该量子信号和参考信号的偏振方向调整为第一偏振方向,并向量子探测模块501发送调整后的量子信号和参考信号。

[0173] 其中,参考信号携带有参考数据,该参考数据是量子密钥发送装置和量子密钥接收装置事先协商好的。并且,参考信号的偏振方向和量子信号的偏振方向一致。另外,需要说明的是,若该偏振控制模块502为首次接收到量子信号和参考信号,则将该量子信号和参考信号调整到一个预设的偏振方向上,并向量子信号探测模块501发送该调整后的量子信号和参考信号,也即,若为首次接收到量子信号和参考信号,则在第一次调整时,将量子信号和参考信号的偏振调整为第一偏振方向是指将量子信号和参考信号调整到一个预设的偏振方向上。

[0174] 量子探测模块501可以包括第一输入端口、第二输入端口和输出端口。其中,通过包括的第一输入端口,可以接收量子密钥发送装置通过第一光纤发送的本振信号。通过包括的第二输入端口,量子探测模块501可以接收偏振控制模块502发送的调整后的量子信号和参考信号。其中,若该量子信号和参考信号是通过频分复用的方式发送的,则量子探测模块501在接收到调整后的量子信号和参考信号时,可以从参考信号所在的频段上提取调整后的参考信号,并对该调整后的参考信号和本振信号的干涉信号进行探测,以得到参考数据测量值。若参考数据测量值与存储的参考数据之间的偏差不大于允许偏差,则说明调整后的参考信号和调整后的本振信号的干涉效果较好,也即,调整后的参考信号的偏振方向是合适的,由于调整后的参考信号与调整后的量子信号的偏振方向是一致的,因此,本振信号在与调整后的量子信号发生干涉时的干涉效果也将较好,基于此,量子探测模块501可以对调整后的量子信号与本振信号的干涉信号进行测量,以得到探测结果,进而根据该探测结果获取随机密钥的密钥信息。

[0175] 当然,若参考数据测量值与存储的参考数据之间的偏差大于允许偏差,则说明调整后的参考信号和本振信号的干涉效果较差,此时,需要继续调整参考信号量子信号的偏振方向,因此,量子探测模块501可以根据该参考数据测量值和参考数据之间的差值生成第

四控制信号,并通过输出端口输出该第四控制信号至偏振控制模块502。

[0176] 偏振控制模块502可以通过包括的第二输入端口接收量子探测模块501发送的第四控制信号,基于第四控制信号对当前接收到的量子信号和参考信号的偏振方向进行调整,并重新向量子探测模块501发送调整后的量子信号和参考信号,直到量子探测模块501检测到的参考数据测量值与参考数据之间的差值不大于允许偏差时,则按照最后一次调整的量子信号和参考信号的偏振方向来调整后续接收到的量子信号和参考信号的偏振方向。

[0177] 可选地,若参考信号和量子信号是通过时分复用的方式发送的,则偏振控制模块502在接收到参考信号时,可以通过不断调整参考信号的方向来确定参考信号与本振信号的干涉效果最好时的参考信号的偏振方向,并在接收到量子信号时,按照最终确定的参考信号的偏振方向来调整量子信号,以提升调整后的本振信号与量子信号的干涉效果,进而保证探测结果的准确性。

[0178] 在本申请实施例中,量子密钥接收装置可以接收通过两根不同的光纤传输的本振信号和量子信号,并基于接收到的本振信号和量子信号来获取探测结果,由于在传输过程中量子信号和本振信号不需要采用时分复用和偏振复用的方式进行隔离,因此,量子密钥接收装置中就不需要引入额外的光程差进行延时补偿,从而使得量子密钥接收装置可以集成化、小型化。并且,量子密钥接收装置也不需要再进行偏振补偿,减少了额外的器件和线路损耗。

[0179] 另外,由于本振信号和量子信号在两根光纤传输时发生的偏振旋转不同,因此,量子密钥接收装置中可以通过在量子信号路设置偏振控制模块来对量子信号和参考信号的偏振方向进行调整,以使得调整后的量子信号的偏振方向与本振信号的偏振方向能够保持一致或者是保持二者之间的差值固定,或者是使得调整后的量子信号的偏振方向能够始终稳定在一个偏振方向上,以此来提升量子信号和本振信号的干涉效果,进而保证探测结果的准确性。

[0180] 上述实施例介绍的量子密钥接收装置主要是通过偏振控制模块来消除采用不同光纤传输量子信号和本振信号时所造成的偏振旋转不一致的问题。可选地,在一种可能的实现方式中,量子密钥接收装置也可以通过其他实现方式来消除偏振旋转不一致的问题。

[0181] 示例性的,参见图13,提供了一种量子密钥接收装置,该装置包括第一偏振分束器601、第二偏振分束器602、第一量子外差探测器603、第二量子外差探测器604和处理器605。

[0182] 其中,第一偏振分束器601用于从第一光纤接收本振信号,将本振信号分为第六光信号和第七光信号,并向第一量子外差探测器发送第六光信号,向第二量子外差探测器发送第七光信号。

[0183] 需要说明的是,该第一偏振分束器601可以包括有输入端口、第一输出端口和第二输出端口。其中,该第一偏振分束器601的输入端口可以直接与第一光纤连接,或者,该第一偏振分束器601的输入端口可以通过耦合器或环形器与第一光纤连接。通过该输入端口,第一偏振分束器601可以接收量子密钥发送装置通过第一光纤发送的本振信号。之后,第一偏振分束器601可以将该本振信号分为第六光信号和第七光信号,并通过第一输出端口输出第六光信号,通过第二输出端口输出第七光信号。

[0184] 第二偏振分束器602用于从第二光纤接收量子信号和参考信号,将参考信号分为第八光信号和第九光信号,将量子信号分为第十光信号和第十一光信号,向第一量子外差

探测器发送第八光信号和第十光信号,向第二量子外差探测器发送第九光信号和第十一光信号,量子信号携带有随机密钥。

[0185] 需要说明的是,第二偏振分束器602可以包括有输入端口、第一输出端口和第二输出端口。其中,该第二偏振分束器602的输入端口可以直接与第二光纤连接,或者,该第二偏振分束器602的输入端口可以通过耦合器或环形器与第二光纤连接。通过该输入端口,第二偏振分束器602可以接收量子密钥发送装置通过第二光纤发送的量子信号和参考信号。

[0186] 其中,量子信号和参考信号可以通过时分复用的方式发送的,因此,第二偏振分束器602在接收到参考信号时,将该参考信号分为第八光信号和第九光信号,并通过第一输出端口输出第八光信号,通过第二输出端口输出第九光信号。在接收到量子信号时,第二偏振分束器602将该量子信号分为第十光信号和第十一光信号,并通过第一输出端口输出第十光信号,通过第二输出端口输出第十一光信号。

[0187] 第一量子外差探测器603用于接收第六光信号、第八光信号和第十光信号,探测第六光信号和第八光信号的干涉信号,以得到第八光信号的正则分量,探测第六光信号与第十光信号的干涉信号,以得到第十光信号的正则分量,向处理器605发送第八光信号的正则分量和第十光信号的正则分量。

[0188] 其中,第一量子外差探测器603在接收到第六光信号和第八光信号时,可以对第六光信号和第八光信号的干涉信号进行探测,从而得到第八光信号的正则分量,并将第八光信号的正则分量发送至处理器605。在接收到第十光信号时,则可以对第十光信号和第六光信号的正则分量进行探测,得到第十光信号的正则分量,并向处理器605发送第十光信号的正则分量。

[0189] 第二量子外差探测器604用于接收第七光信号、第九光信号和第十一光信号,探测第七光信号和第九光信号的干涉信号,以得到第九光信号的正则分量,探测第七光信号与第十一光信号的干涉信号,以得到第十一光信号的正则分量,向处理器605发送第九光信号的正则分量和第十一光信号的正则分量。

[0190] 其中,当第一量子外差探测器603接收到第八光信号时,第二量子外差探测器604将可以接收到第九光信号,此时,第二量子外差探测器604可以对第九光信号和第七光信号的干涉信号进行探测,以得到第九光信号的正则分量,并向处理器605发送第九光信号的正则分量。当第一量子外差探测器603接收到第十光信号时,第二量子外差探测器604将可以接收到第十一光信号,此时,第二量子外差探测器604可以对第十一光信号和第七光信号的干涉信号进行探测,以得到第十一光信号的正则分量,并向处理器605发送第十一光信号的正则分量。

[0191] 处理器605接收第八光信号的正则分量、第十光信号的正则分量、第九光信号的正则分量和第十一光信号的正则分量,对第八光信号的正则分量和第九光信号的正则分量进行处理,以得到信号参数,基于信号参数对第十光信号的正则分量和第十一光信号的正则分量进行处理,以得到初始密钥,初始密钥包括随机密钥的密钥信息。

[0192] 当处理器605接收到第一量子外差探测器603发送的第八光信号的正则分量和第二量子外差探测器发送的第九光信号的正则分量时,处理器605可以对第八光信号的正则分量和第九光信号的正则分量进行处理,从而得到信号参数,其中,该信号参数可以包括第一强度透过率、第二强度透过率、第一相位和第二相位。其中,第一强度透过率是指参考信

号进入第二偏振分束器602之后,从第二偏振分束器602的第一输出端口输出的信号的强度透过率。第二强度透过率是指本振信号进入第一偏振分束器601之后,从第一偏振分束器601的第一输出端口输出的信号的强度透过率。第一相位是指以第一量子外差探测器603接收到第八光信号时第八光信号的相位为参考确定的第二量子外差探测器604接收到第九光信号时第九光信号的相位。第二相位是指以第一量子外差探测器603接收到第八光信号时第八光信号的相位为参考确定的第一量子外差探测器603接收到第六光信号时第六光信号的相位。

[0193] 当处理器605接收到第一量子外差探测器603发送的第十光信号的正则分量和第二量子外差探测器发送的第十一光信号的正则分量时,可以基于已确定的信号参数对第十光信号的正则分量和第十一光信号的正则分量进行处理,从而得到初始密钥,该初始密钥包括有随机密钥的密钥信息。

[0194] 可选地,在一种可能的实现方式中,量子密钥发送装置可能是通过频分复用的方式来发送量子信号和参考信号的,这样,第二偏振分束器602将同时接收到量子信号和参考信号,并将该量子信号和参考信号分为第十二光信号和第十三光信号,并通过第一输出端口输出第十二光信号,通过第二输出端口输出第十三光信号。

[0195] 第一量子外差探测器603在接收到第十二光信号时,可以对第十二光信号和第六光信号的干涉信号进行探测,从而得到第十二光信号的正则分量,并向处理器605发送第十二光信号的正则分量。第二量子外差探测器604在接收到第十三光信号时,可以对十三光信号和第七光信号的干涉信号进行探测,从而得到第十三光信号的正则分量,并向处理器605发送十三光信号的正则分量。

[0196] 处理器605在接收到第十二光信号和第十三光信号的正则分量之后,可以从第十二光信号的正则分量中提取参考信号的第一正则分量,从第十三光信号的正则分量中提取参考信号的第二正则分量,基于参考信号的第一正则分量和第二正则分量确定信号参数,并基于该信号参数对第十二光信号中的量子信号的正则分量以及第十三光信号中的量子信号的正则分量进行处理,从而得到初始密钥。

[0197] 其中,由于参考信号和量子信号是通过频分复用的方式进行发送的,参考信号和量子信号分别占用不同的频段,因此,处理器605可以根据参考信号所在的频段,从第十二光信号的正则分量和第十三光信号的正则分量中分别提取位于参考信号所在的频段内的正则分量,从而得到参考信号的第一正则分量和第二正则分量。

[0198] 在本申请实施例中,量子密钥接收装置可以通过第一偏振分束器和第二偏振分束器分别对本振信号、量子信号和参考信号进行分束,之后,再通过第一量子外差探测器和第二量子外差探测器分别测量参考信号的正则分量和量子信号的正则分量,进而根据参考信号的正则分量计算信号参数,最终根据该信号参数对量子信号的正则分量进行处理,以得到初始密钥。由此可见,在本申请实施例中,量子密钥接收装置中可以不必设置偏振控制模块,通过上述介绍的方法即可以消除偏振旋转带来的影响,保证得到的密钥信息的准确性。

[0199] 前述实施例中主要介绍了用于量子密钥传输的量子密钥发送装置和量子密钥接收装置,接下来,本申请实施例将提供一种量子密钥传输系统。

[0200] 参见图14,提供了一种量子密钥传输系统。该系统中可以包括量子密钥发送装置701、量子密钥接收装置702、第一光纤703和第二光纤704,其中,量子密钥发送装置701和量

子密钥接收装置702通过第一光纤703和第二光纤704进行通信,并且,第一光纤703用于传输本振信号,第二光纤704用于传输量子信号和参考信号。

[0201] 需要说明的是,该量子密钥传输系统中的量子密钥发送装置701可以为图1-8所示的任一种量子密钥发送装置,在这种情况下,该量子密钥接收装置702也可以不包括用于控制偏振方向的器件的量子密钥接收装置。例如,该量子密钥接收装置702中可以包括量子探测模块而不包括偏振控制模块。

[0202] 可选地,该量子密钥传输系统中的量子密钥接收装置702可以为图9-13所示的任一种量子密钥接收装置,在这种情况下,量子密钥发送装置701中可以不包括偏振控制器。例如,量子密钥发送装置701中可以包括激光器、分束器、量子信号制备模块,而不包括偏振控制器;量子密钥发送装置701中还可以包括激光器、分束器、量子信号制备模块,参考信号制备模块,而不包括偏振控制器。

[0203] 可选地,在一种可能的实现方式中,该量子密钥传输系统中的量子密钥发送装置701可以为图1-8所示的任一种量子密钥发送装置,且该量子密钥传输系统中的量子密钥接收装置702可以为图9-13所示的任一种量子密钥接收装置。

[0204] 可选地,考虑到经典相干通信系统中是通过两根光纤来传输相干光信号,以此来实现双向通信的,而在本申请实施例中,量子密钥发送装置和量子密钥接收装置之间也是通过两根光纤进行通信,基于此,在本申请实施例中,量子密钥发送装置和量子密钥接收装置可以与经典相干通信系统共用两根光纤进行信号的传输。

[0205] 基于此,参见图15,本申请实施例提供了一种量子信号和相干光信号进行混传的量子密钥传输系统。该系统包括第一通信基站80和第二通信基站90。并且,第一通信基站80和第二通信基站90通过第一光纤和第二光纤来实现双向通信。

[0206] 其中,第一通信基站80包括量子密钥发送装置801、第一相干光发送装置802、第一相干光接收装置803、第一耦合器804和第二耦合器805。

[0207] 第二通信基站90包括量子密钥接收装置901、第二相干光接收装置902、第二相干光发送装置903、第三耦合器904和第四耦合器905。

[0208] 需要说明的是,量子密钥发送装置801和量子密钥接收装置812的实现方式可以参考图14中所示的量子密钥发送装置701和量子密钥接收装置702的实现方式。

[0209] 第一相干光发送装置802通过第一耦合器与第一光纤连接,用于通过第一光纤向第二相干光接收装置902发送相干光信号,第二相干光发送装置903通过第四耦合器与第二光纤连接,用于通过第二光纤向第一相干光接收装置803发送相干光信号。也即,通过第一相干光发送装置802与第二相干光接收装置902可以实现从第一通信基站80向第二通信基站90的相干信号传输。而通过第二相干光发送装置903和第一相干光接收装置803可以实现从第二通信基站90向第一通信基站80的相干信号传输。

[0210] 另外,由于量子密钥发送装置801发送的本振信号与第一相干光发送装置802发送的相干光信号同时也在第一光纤上进行传输,因此,在量子密钥发送装置801和第一相干光发送装置802均可以通过第一耦合器804与第一光纤连接。这样,第一耦合器804在接收到量子密钥发送装置801发送的本振信号和第一相干光发送装置802发送的相干光信号时,可以将该本振信号和相干光信号进行耦合,并通过连接的第一光纤发送出去。其中,本振信号的波长与相干光信号的波长不同。

[0211] 相应地,第三耦合器904与第一光纤连接,这样,第三耦合器904可以接收第一光纤中传输的由相干光信号和本振信号耦合后的信号,并对接收到的信号进行解耦,得到本振信号和第一相干光发送装置802发送的相干光信号。之后,第三耦合器904可以将第一相干光发送装置802发送的相干光信号发送给第二相干光接收装置902,将本振信号发送给量子密钥接收装置901。

[0212] 还需要说明的是,量子密钥发送装置801通过第二耦合器805与第二光纤连接,这样,量子密钥发送装置801可以将量子信号和参考信号发送至第二耦合器805,第二耦合器805再通过第二光纤将该量子信号和参考信号发送至第四耦合器905。除此之外,第二耦合器805还可以用于接收第四耦合器905通过第二光纤发送的相干光信号,并将该相干光信号发送至第一相干光接收装置803。

[0213] 第四耦合器905用于从第二光纤接收量子信号和参考信号,并将该量子信号和参考信号发送至量子密钥接收装置901。与此同时,第四耦合器905还用于接收第二相干光发送装置903发送的相干光信号,并将该相干光信号通过第二光纤和第二耦合器发送至第一相干光接收模块803。

[0214] 其中,第一耦合器804、第二耦合器805、第三耦合器904和第四耦合器905均可以为波长可选择的耦合器,例如,可以为波分复用(Wavelength Division Multiplexing,WDM)耦合器。

[0215] 可选地,在一种可能的实现方式中,在上述量子密钥传输系统中,第一通信基站可以包括多个量子密钥发送装置,相应地,在第二通信基站中可以包括与量子密钥发送装置的数量相等的量子密钥接收装置,且第一通信基站多个量子密钥发送装置和第二通信基站中的量子密钥接收装置一一对应。

[0216] 进一步地,第一通信基站中还可以包括多个量子密钥接收装置,相应地,第二通信基站中可以包括对多个量子密钥接收装置中的每个量子密钥接收装置相对应的量子密钥发送装置,以此来实现量子信号的双向传输。

[0217] 在本申请实施例中,量子密钥发送装置和量子密钥接收装置可以与经典相干通信系统共用两根光纤进行信号的传输,这样,不仅使得接收端集成化、小型化,减少了额外的器件和线路损耗,而且,实现了经典相干光信号与量子信号的混传。

[0218] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成,也可以通过程序来指令相关的硬件完成,所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中,上述提到的存储介质可以是只读存储器,磁盘或光盘等。

[0219] 以上所述为本申请提供的实施例,并不用以限制本申请,凡在本申请的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

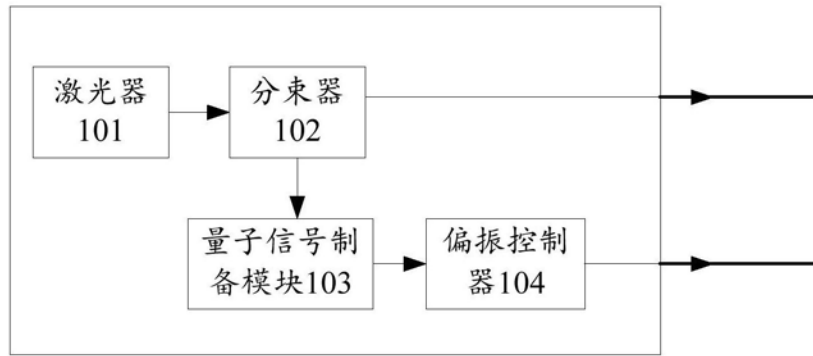


图1

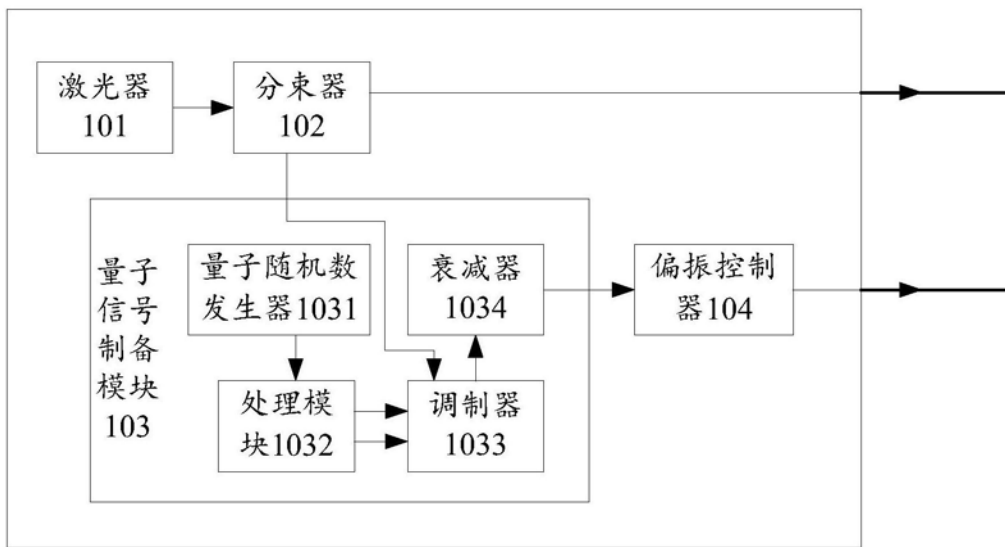


图2

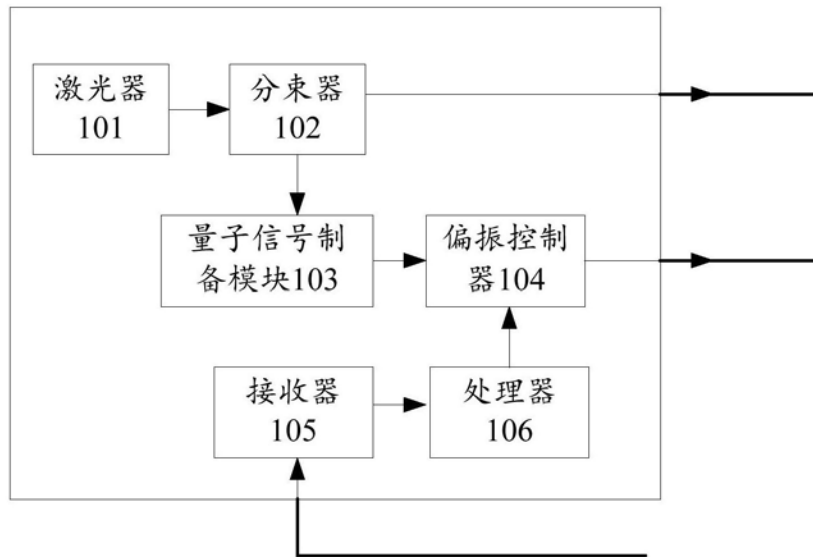


图3

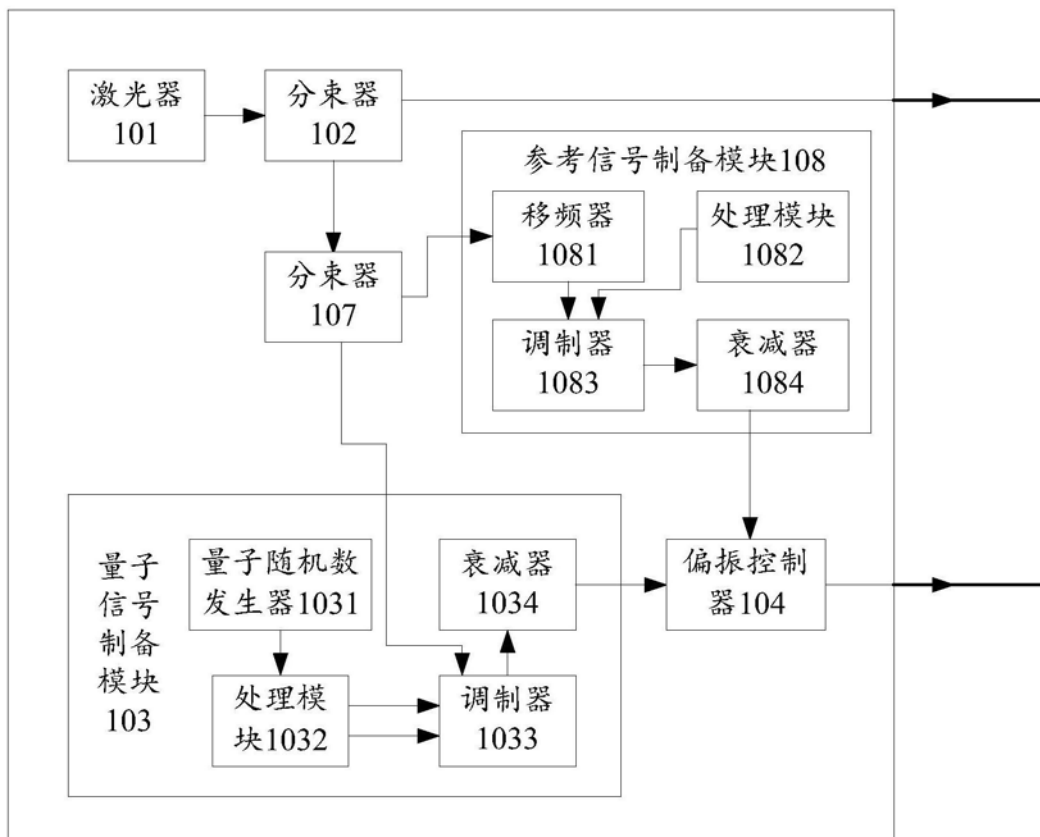


图4

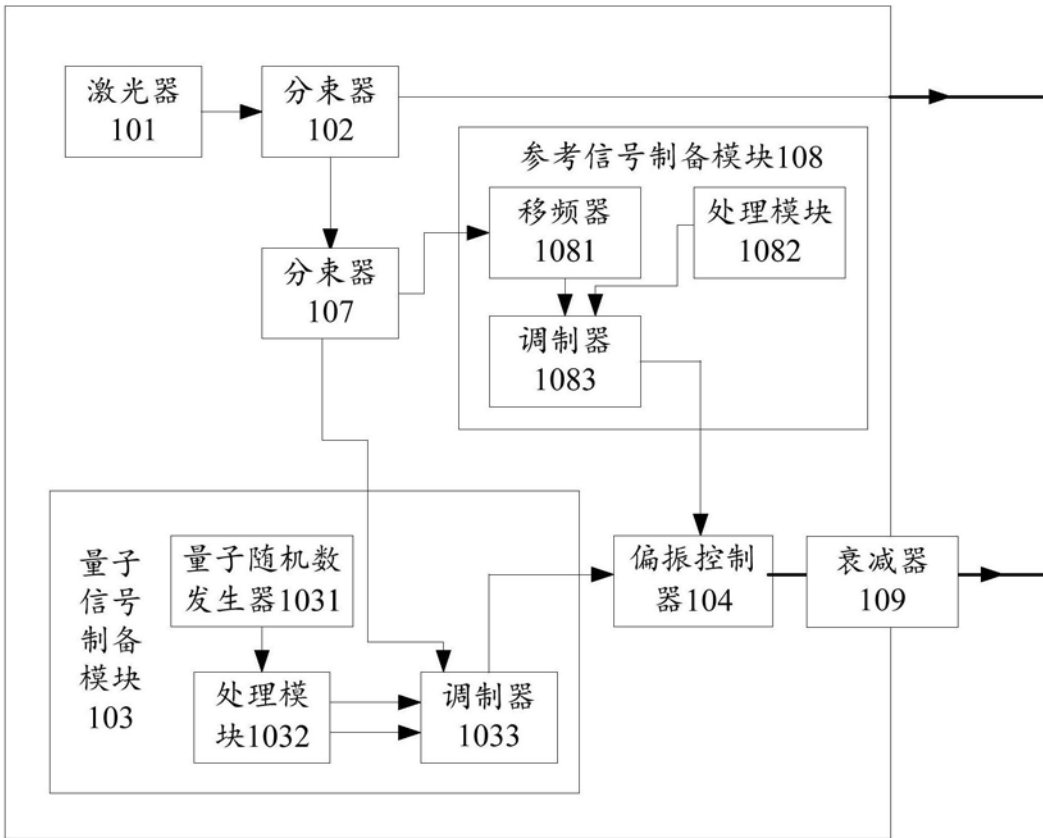


图5

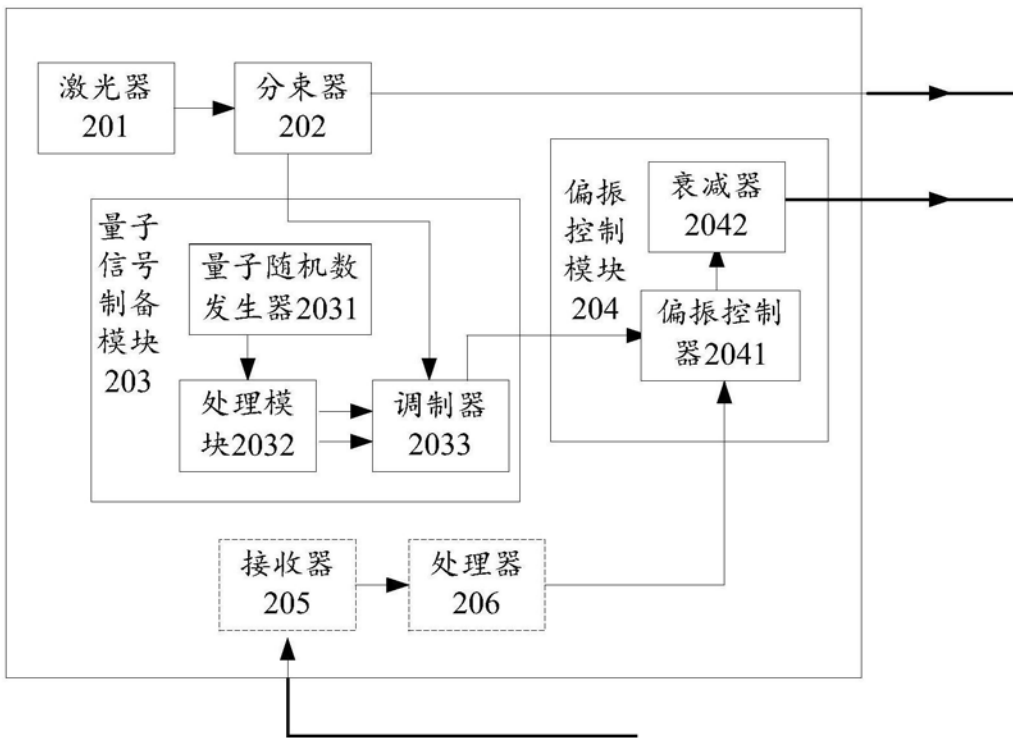


图6

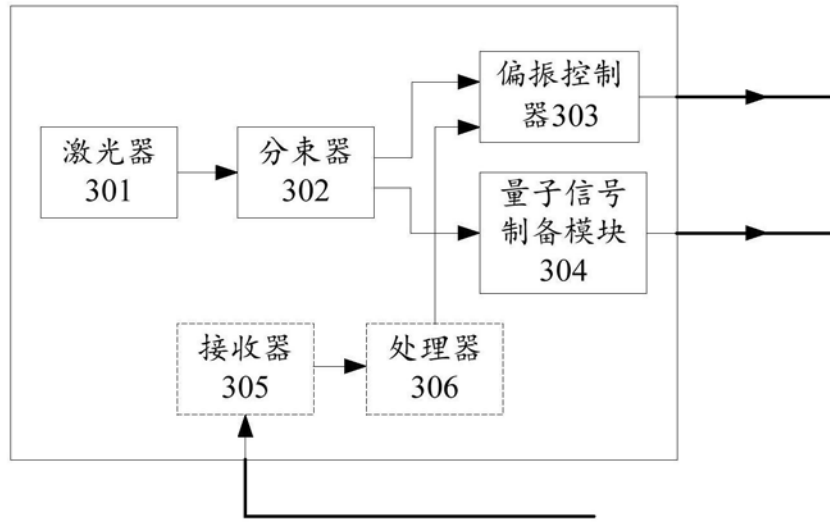


图7

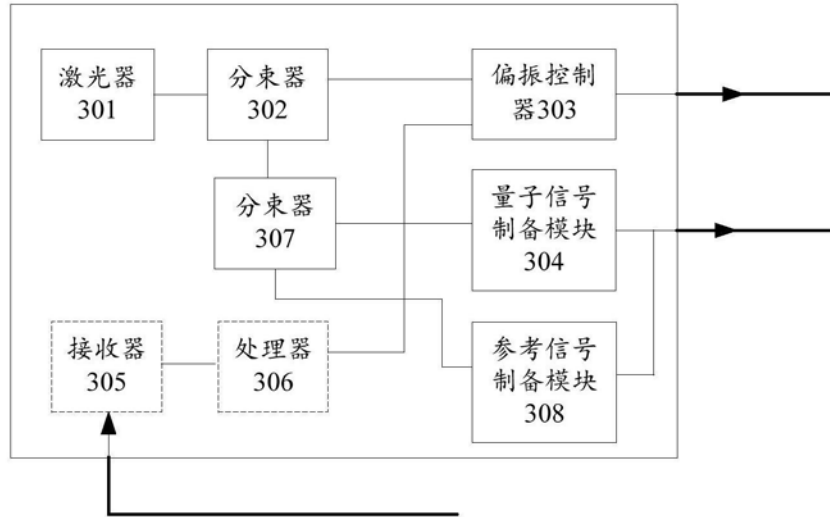


图8

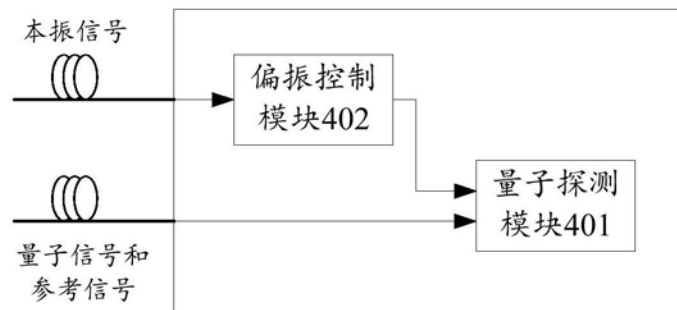


图9

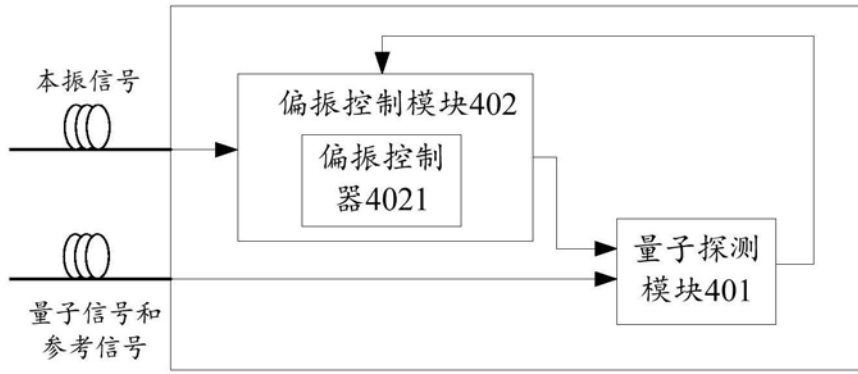


图10

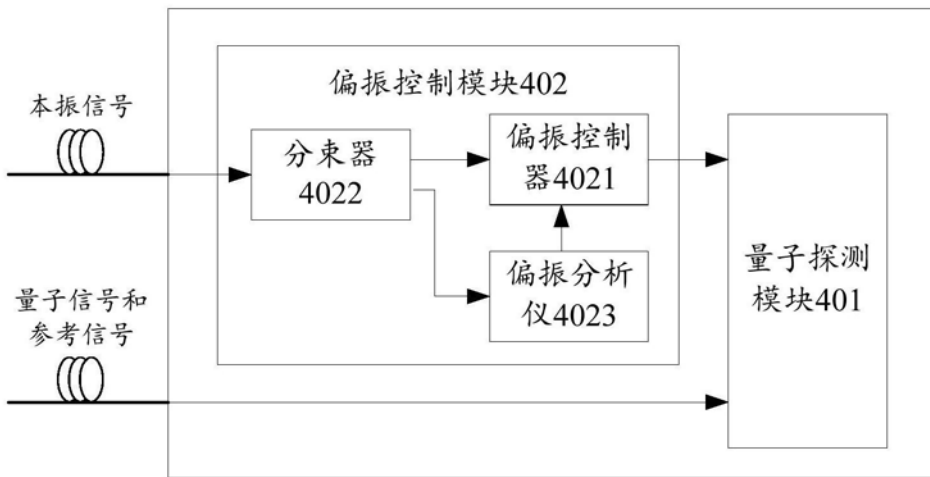


图11

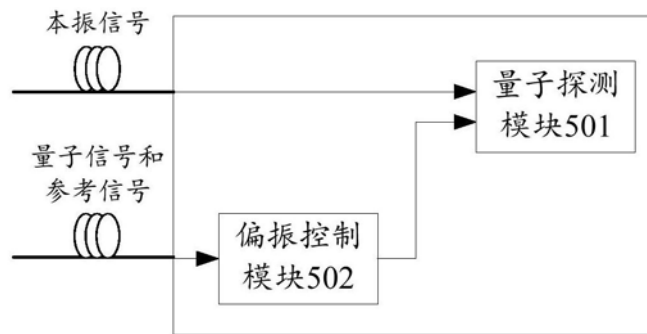


图12

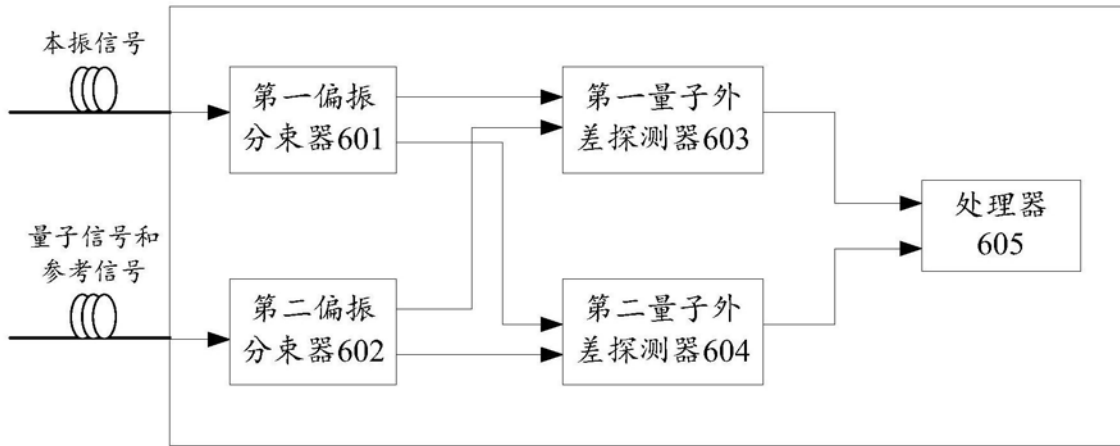


图13

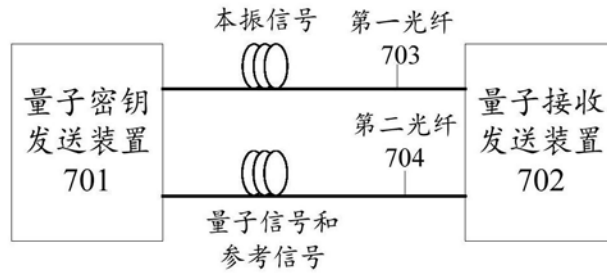


图14

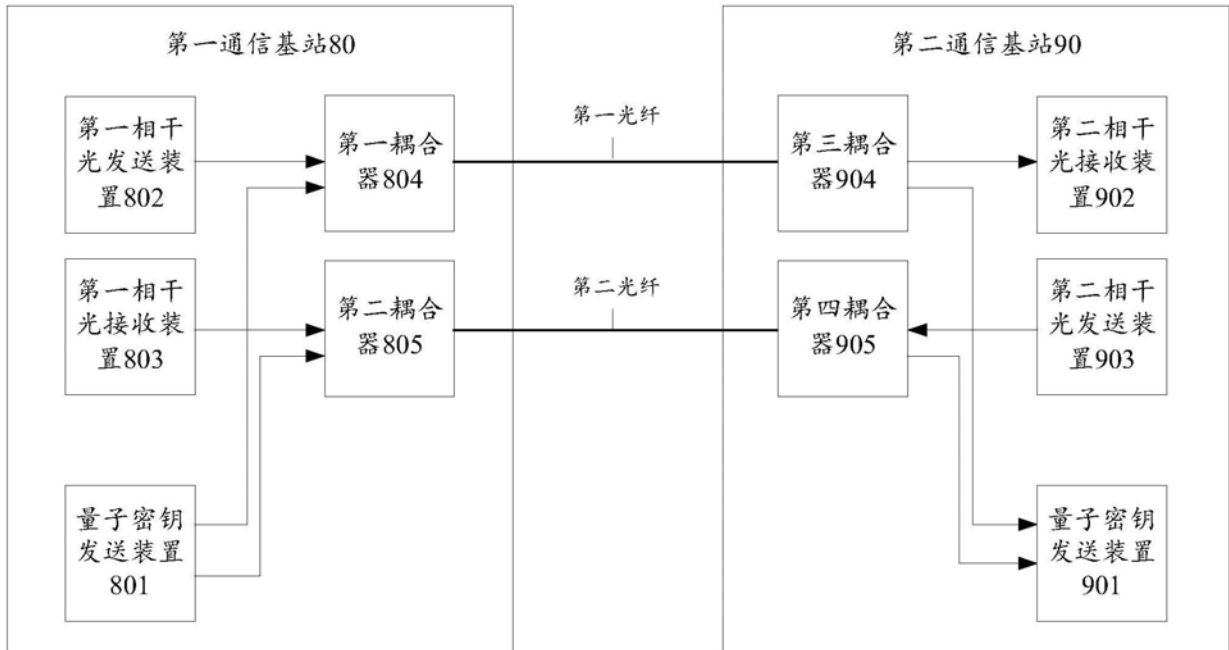


图15