

分束器上光束相位差的锁定

翟泽辉 王海波 马艳 崔笑云 郝江瑞

(山西大学光电研究所,太原,山西,030006)

摘要 本文利用两种方法分别实现了 50:50 分束器上不同相位差的锁定,输入功率与一般平衡零拍探测系统工作条件相同。锁定稳定度优于 2%,可用于平衡零拍探测系统对不同正交分量探测的要求。

关键词 分束器,相位锁定

中图分类号 O431

0 引言

平衡零拍探测系统是光学测量中一种非常有用的装置,尤其是在量子光学领域,被广泛应用于非经典光场的探测^[1,2]。在最近迅速发展的量子信息领域,例如,连续变量的量子离物传态(teleportation)实验中,平衡零拍探测系统也是该实验的主要装置之一^[3]。平衡零拍探测系统的核心装置就是 50:50 分束器。其测量的结果与输入信号光与本底振荡光(local)的相位差密切相关。例如,在对正交压缩真空场的测量中,相位差为零或 90°时,测量的结果分别为正交位相或正交振幅噪声^[4]。因此,对输入光束在分束器上相位差的锁定,在平衡零拍探测系统中有非常重要的意义,在连续变量的量子离物传态实验中就需要锁定相位分别对正交振幅信号与相位信号进行测量。平衡零拍探测的另一个特点是信号光与本底光光强相差较大(一般大于一个数量级),一般情况下信号光功率从接近零到几十微瓦范围,而本底光功率大约为 2mW 左右,使信号光的正交位相信号被放大到本底光功率水平。由于信号光与本底光光强相差较大,信号光的绝对功率也较小,在分束器上两光束干涉的信号信噪比也非常小,从而也增加了对其相位锁定的难度。

本文在上述平衡零拍探测实际功率条件下,利用两种不同的方法,从实验上实现了将信

· 国家自然科学基金资助(批准号:69778015),山西省自然科学基金,山西省留学基金。

收稿日期:1999-08-13

号光与本底光的相位差分别锁定在零度(180°)或任意角度(90°)。

1 实验装置和结果

如图 1 所示, 通过 PBS 可以将输入光分为两束, 由 $\lambda/2$ 波片 HP1 可控制两束光束的强度比, $\lambda/2$ 波片 HP2 可保证输入到分束器 BS 上的两束光偏振相同。在压电陶瓷 PZT 上加扫描电压, 也即扫描其中一束光的相位, 这样在 BS 两个输出光束的任意一束上都可以观察到干涉信号。当分束器上两输入光完全重合且功率相等时干涉条纹可见度应当为 1, 实验中我们得到了 97% 的可见度。在实际锁定情况下两输入光束功率分别为 2.45mW 和 39 μ W, 理想情况下的干涉条纹可见度应当为 25%, 实验中我们得到了 24% 的可见度, 对应的两输入光的偏振与空间模匹配度为 96%。如图 2 所

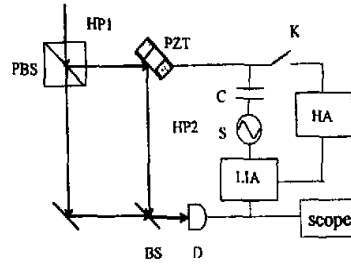


图 1 LIA 锁定相位差实验装置图

PBS: 格兰棱镜; HP1, HP2: 半波片; PZT: 压电陶瓷; HA: 高压放大器; C: 电容; S: 信号源; BS: 半反镜; D: 探测器; LIA: 锁相放大器。

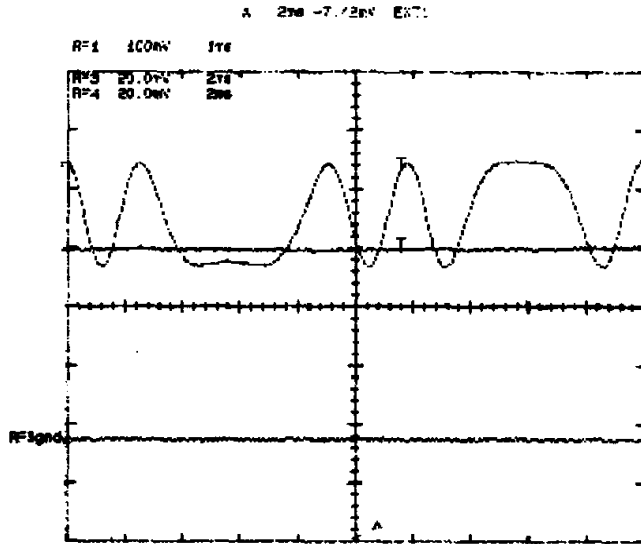


图 2 两输入光束的干涉

示, 上面的曲线为干涉结果, 下面直线对应的输入功率为零。在此输入功率和模匹配条件下, 我们分别用下面两种方法对相位差进行锁定。

1.1 用锁相放大器将相位差锁定在零度或 180°

为了在平衡零拍探测系统中测量信号光的正交振幅信号, 需要将信号光与本底光的相位差锁定在零度或 180°。如图 1 所示, 调制信号为 3kHz 的正弦波, 探测器输出接锁相放大器信号输入端, 参考端输入信号为同频的方波, 调节锁相放大器的相位使得输入信号与参考信

号同相或反相(探测器输出最大或最小),选择合适的灵敏度与时间常数,接通K,相敏检波放大后的信号经高压放大器反馈到压电陶瓷上,在适当的增益下就可以将两束光的相位差锁定。实验中,我们分别将两束光锁在了相位差为0和 π 的地方,对应的探测器输出电压分别为92mV和60mV,它们的相对抖动范围分别为1.5mv/92mv和1mv/60mv,如图3~4所示,图3中直线a、b分别对应于相位差为零、 180° ,直线c对应于输入为零的基线,图4中迹线对应于锁定在相位差为 180° 的抖动。

1.2 用可调直流电压为基准将相位差锁定在任意处

为了在平衡零拍探测系统中测量信号光的正交相位信号,需要将信号光与本底光的相位差锁定在 90° 。用

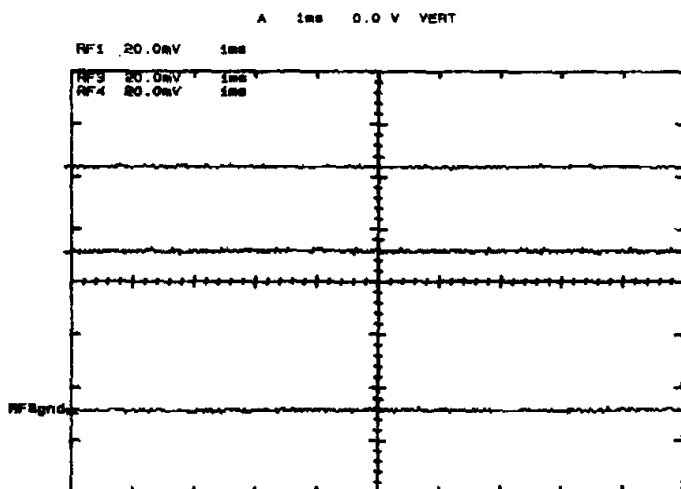


图3 LIA 锁定结果
a) 相位差为0处; b) 相位差为 π 处; c) 基线

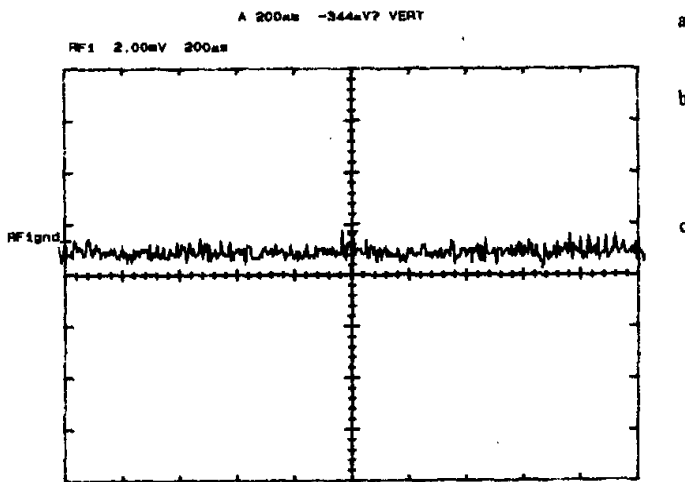
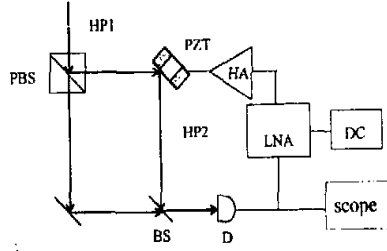


图4 锁定相位差为 π 的抖动幅度

输出可调直流电压为基准可将两输入光束的相位差锁定在任意处。实验装置如图 5 所示，光路部分与前面相同，DC 为电压可调的直流电源，低噪声放大器的滤波带宽可调，该方案中不需要调制。将可调直流电源的电压调到干涉极大与干涉极小之间的任意位置，把该直流电压与探测器 D 的输出通过低噪声放大器相减，然后将低噪声放大器的输出通过高



压放大器反馈到压电陶瓷，调节高压放大器的增益使得探测器输出波动最小。此时，在干涉极大与干涉极小之间调节可调直流电压的输出，即可以改变两光束的相位差。图 2 中上面的一条直线就是锁定后探测器的输出信号，此

图 5 可调直流电源为基准锁定相位差装置图
PBS: 格兰棱镜; HP1, HP2: 半波片; PZT: 压电陶瓷; HA: 高压放大器; BS: 半反镜; D: 探测器; DC: 可调直流电源; LNA: 低噪声放大器。

信号随可调直流电压的输出变化而改变，图中输出电压为 61mv，对应的相位差大约为 150°。当此信号正好处在干涉极大与干涉极小的正中间时，两输入光束的相位差为 90°。图 6 为相位差为 90°时的锁定结果，抖动的相对幅度为 0.7mv/61mv，如图 7 所示。

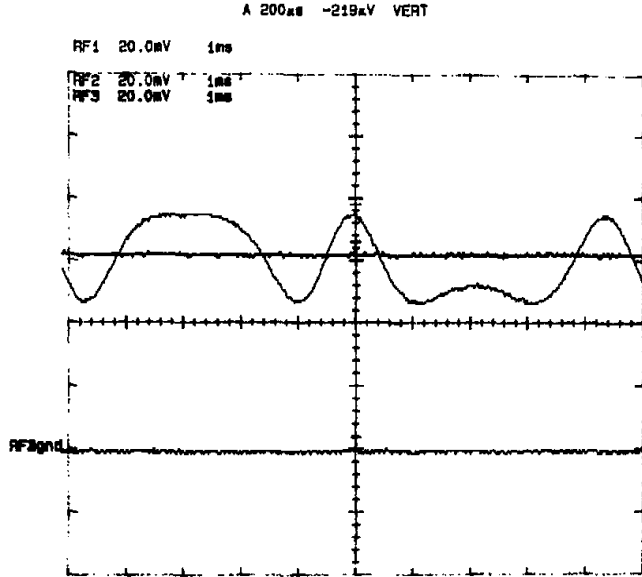


图 6 可调直流电源为基准锁定结果

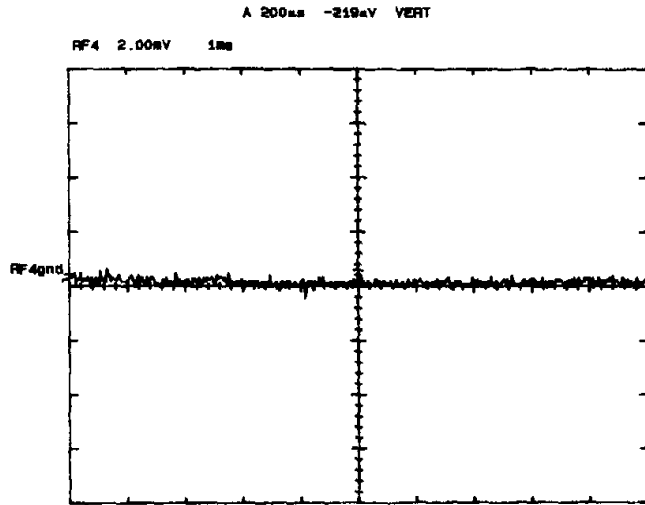
2 结束语

在平衡零拍探测器的实际输入功率条件下，分别用两种方法对 50:50 分束器上两输入光束的相位差进行了锁定，锁定后的输出功率稳定度(RMS)都在 1% 以内、特别是利用可调直流电压为基准可以将分束器上两输入光束相位差锁定在任意处，这一工作的完成解决了我们下一步量子离物传态实验研究中关键问题之一：平衡零拍探测系统中各种相位锁定问题，为这一工作的进一步发展奠定了良好的基础。

参考文献

- 1 Yuen H P, Chan V W
S. Noise in homodyne
and heterodyne
detection. *Opt Lett*,
1983, 8:177
- 2 Wu L A, Kimble J, Haii
J, Wu H. Generation of
squeezed states by
parametric down
conversion. *Phys Rev
Lett*, 1986, 57:2520
- 3 Furusawa A et al.
Unconditional
quantum
teleportation.
Science, 1998, 282;
706

- 4 Kasi K, Gao Jiangrui, Fabre C. Observation of squeezing using cascaded nonlinearity. *Europhysics Lett*, 1997, 40:25

图7 锁定相位为 90° 的抖动幅度

Phase Difference Locking on Beam Splitter

Zhai Zehui Wang Haibo Ma Yan Cui Fuyun Gao Jiangrui

(Inst of Opto-Electronics Shanxi University, Taiyuan, Shanxi 030006 China)

Abstract

Any Phase difference of two beams is locked on 50:50 beam splitter with two different methods. It is useful for quadrature amplitude and phase measurement in homodyne system. The locking stability is better than 2%.

第一作者简介

翟泽辉,男,1976年8月生,山西大学国家理科基地95级学生,现在山西大学光电研究所作毕业论文。