

文章编号: 1007-6654(2010)02-0158-03

用于提高纠缠光源质量的光学模清洁器的设计

石柱, 苏晓龙[†]

(量子光学与光量子器件国家重点实验室, 山西大学光电研究所, 山西 太原 030006)

摘要: 设计了三镜环形结构的光学模清洁器, 用于改善激光的光束质量和过滤激光的额外噪声, 以达到提高纠缠光束纠缠度的目的。实验证明, 此光学模清洁器可以满足量子光学实验的要求。

关键词: 激光; 光学模清洁器; 非经典光场

中图分类号: O431 **文献标识码:** A

0 引言

非经典光场, 例如压缩态光场或纠缠态光场, 被广泛应用于量子信息研究中^[1]。一种产生非经典光场的有效途径是通过半导体泵浦的固体激光器产生的单频激光泵浦光学参量放大器, 以产生压缩态光场或纠缠态光场^[2]。由于固体激光器的弛豫振荡, 产生的单频激光在低频段的噪声较大, 通常高于散粒噪声基准。在量子光学实验中, 我们需要量子噪声处于散粒噪声基准的相干态光场, 用于光学参量放大器的泵浦光和注入信号光, 以及平衡零拍探测系统的本地震荡光。激光通过一个窄线宽的光学腔, 可以过滤激光的噪声和改善激光的光斑质量^[3-5]。我们设计了三镜环形结构的光学模清洁器, 用于改善光学参量放大器泵浦光的光斑质量和过滤激光的位相噪声, 以获得高纠缠度的纠缠态光场。

1 光学模清洁器

对于两镜法布里-珀罗(F-P)结构的模清洁器, 在光学镜片反射率相同的情况下, 要做到窄线宽, 需要很长的腔长, 这就意味着需要加工很

长的腔体。腔体越长, 频率锁定越困难, 锁定精度越差, 越不稳定。因此, 我们采用三镜环形结构的光学模清洁器, 此时需要加工的腔体缩短。我们采用整体密封结构的腔体, 并对腔体进行整体控温, 有助于增加光学模清洁器的稳定性。图1是我们设计的三镜环形结构的光学模清洁器, (a)为光学腔结构图, (b)为光学模清洁器底座示意图, (c)为实物照片。光学模清洁器包括三镜环形光学谐振腔1、温控套筒2、隔热胶木套3、铝腔4、高反射率光学镜片、V型底座等。三镜环形光学谐振腔1由两个具有一定透射率的平面镜6和7及一个镀有高反膜的凹面镜8组成, 通过选择平面镜6和7的透过率, 可达到窄线宽的要求。激光经过平面镜6(或7)入射到谐振腔内, 在腔内环行一周后, 从另一个平面镜7(或6)出射。腔体分为三部分, A部分为一个用于安装凹面镜8和压电陶瓷9的殷钢片, B部分为一个空心的殷钢棒, 内径25 mm, 外径40 mm。A与B之间通过螺丝固定, 接触面加铝箔以调节光学腔中光线闭合。C部分为一个三角锥形状, 材料为殷钢。两个平面镜固定在三角锥的斜面上, 一个平面镜

收稿日期: 2010-05-05

基金项目: 国家自然科学基金(60736040, 10804065); 高等学校博士点新教师专项科研基金(200801081022); 山西省青年科技研究基金(2008021002)

作者简介: 石柱(1963-), 男, 山西文水人, 量子光学与光量子器件国家重点实验室、山西大学光电研究所。

通讯作者: E-mail: suxl@sxu.edu.cn

直接粘和,另一个平面镜通过一个殷钢片固定到斜面上,在其接触面加钢箔以调节光线的闭合。C部分与B部分通过一段接头精密配合,连成

一体。整个三镜环形光学谐振腔1密封,以保证光学镜片不受灰尘污染。

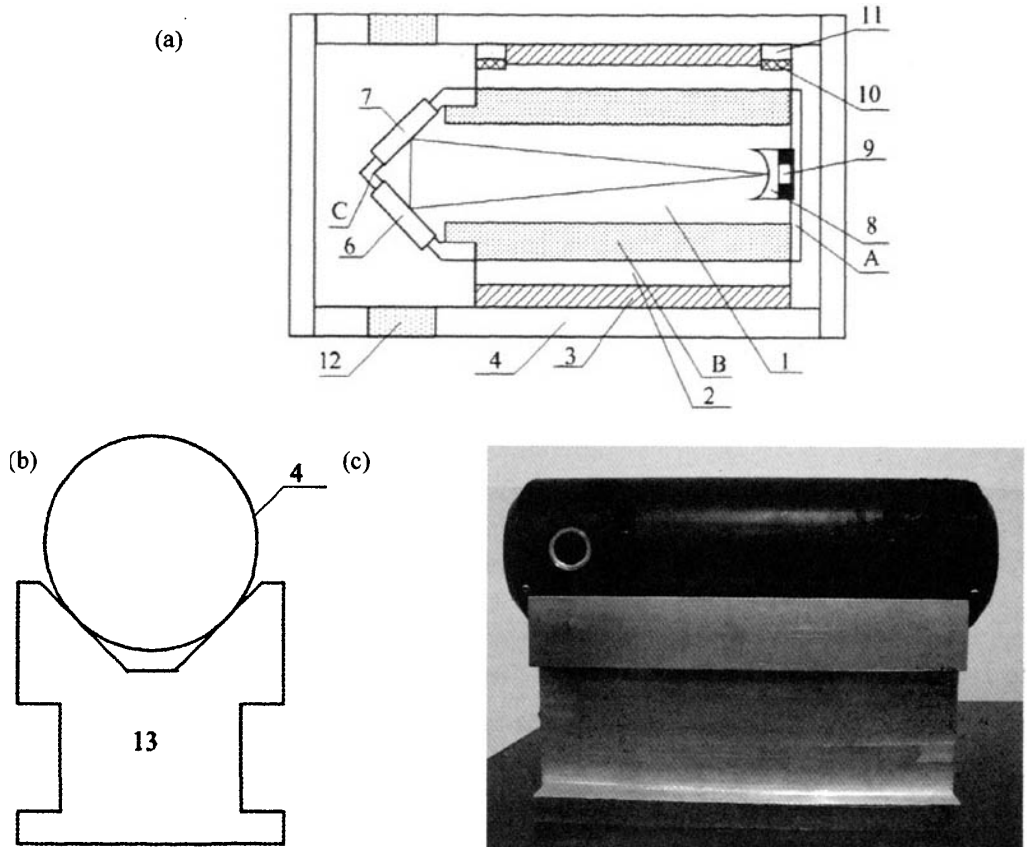


图1 光学模清洁器
Fig. 1 Optical mode cleaner

为了增加光学谐振腔的稳定性采用热膨胀系数小的殷钢材料来加工光学腔的腔体。但也正是由于殷钢材料的导热性差,用半导体致冷器件和热敏电阻来直接控制腔体温度时,需要很长时间。出于这一考虑,我们在殷钢外包一层紫铜作为温控套筒,由于紫铜对于热反应比较敏感,所以我们间接地通过紫铜控制殷钢腔体的温度,使温度快速、均匀地达到所需值,这就大大改善了控温的时间。在温控套筒2的两端各放置一块半导体致冷器件10,利用小紫铜块11压紧半导体致冷器件,使其固定,以完成腔体的控温部分。温控套筒2紧密包裹三镜环形光学谐振腔1,胶木套筒3紧密包裹温控套筒2,整体放置于

一个铝腔4中。在铝腔上相应于平面镜6和7的位置,装镀有减反膜的窗片12以保证光线通过。理论分析和实验结果显示,光学腔放置在V型结构的底座上,腔体和镜片的形变最小^[6]。因此,我们将调节闭合后的光学腔固定在一个V型底座13上(图1(b)所示),此时腔体和底座之间为线接触。

2 结论

通过选取合适的腔长和透射率,可得到合适的线宽和精细度。精细度越高,线宽越窄,噪声过滤效果越好,但腔的锁定越困难。因此针对实验需要,可通过选择合适的腔长和透射率,以得

到合适的精细度和线宽。针对我们的实验需要,我们选取总腔长 520 mm,两平面镜之间光程为 20 mm,平面镜与凹面镜之间光程为 250 mm;采用反射率为 99.7% @ 540 nm 的平面镜和反射率为 99.95% @ 540 nm 的凹面镜作为光学模清洁器的腔镜。实验测得光学腔对 s 偏振入射光的精

细度为 1000,线宽约为 600 kHz,对 p 偏振入射光的精细度为 200,线宽为 3 MHz。利用此光学模清洁器,我们对频率为 2 MHz 处的 s 偏振激光的噪声过滤达到 99%,从而为提高 NOPA 产生的纠缠光束的量子关联度奠定了基础。

参考文献:

- [1] BRAUSTEIN S L, LOOCK VAN P, Quantum Information with Continuous Variables, [J]. *Rev Mod Phys*, 2005, 77: 513.
- [2] LI XIAOYING, PAN QING, JING JIETAI, *et al.* Quantum Dense Coding Exploiting a Bright Einstein-Podolsky-Rosen Beam [J]. *Phys Rev Lett*, 2002, 88: 047904.
- [3] WHITE A G, TAUBMAN M S, RALPH T C, *et al.* Experimental Test of Modular Noise Propagation Theory for Quantum Optics [J]. *Phys Rev A*, 1996, 54: 3400.
- [4] WILLKE B, UEHARA N, GUSTAFSON E K, *et al.* Spatial and Temporal Filtering of a 10-W Nd: YAG Laser with a Fabry-Perot Ring-cavity Premode Cleaner [J]. *Opt Lett*, 1998, 23: 1704.
- [5] WANG YU, SHEN HENG, JIN XIAOLI, *et al.* Experimental Generation of 6 dB Continuous Variable Entanglement from a Nondegenerate Optical Parametric Amplifier [J]. *Opt Express*, 2010, 18: 6149-6156.
- [6] CHEN L, HALL J L, YE J, *et al.* Vibration-induced Elastic Deformation of Fabry-Perot Cavities [J]. *Phys Rev A*, 2006, 74: 053801.

The Design of Optical Mode Cleaner for Entangled Optical Resource

SHI Zhu, SU Xiao-long

(State Key Laboratory of Quantum Optics and Quantum Optics Devices, Institute of Opto-electronics, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: In order to increase the entanglement of the entangled beams, we design an optical mode cleaner with three mirrors ring structure, which is applied to improve the beam quality and filter the excess noise of laser. The experimental results show that the homemade optical mode cleaner satisfies the requirements of quantum optics experiments.

Key words: laser; optical mode cleaner; entanglement

用于提高纠缠光源质量的光学模清洁器的设计

作者: 石柱, 苏晓龙, SHI Zhu, SU Xiao-long
作者单位: 量子光学与光量子器件国家重点实验室, 山西大学光电研究所, 山西, 太原, 030006
刊名: 量子光学学报 **ISTIC PKU**
英文刊名: ACTA SINICA QUANTUM OPTICA
年, 卷(期): 2010, 16 (2)

参考文献(6条)

1. BRAUSTEIN S L; LOOCK VAN P [Quantum Information with Continuous Variables](#)[外文期刊] 2005
2. LI XIAOYING; PAN QING; JING JIETAI [Quantum Dense Coding Exploiting a Bright Einstein-Podolsky-Rosen Beam](#)[外文期刊] 2002
3. WHITE A G; TAUBMAN M S; RALPH T C [Experimental Test of Modular Noise Propagation Theory for Quantum Optics](#)[外文期刊] 1996
4. WILLKE B; UEHARA N; GUSTAFSON E K [Spatial and Temporal Filtering of a 10-W Nd:YAG Laser with a Fabry-Perot Ring-cavity Premode Cleaner](#)[外文期刊] 1998(21)
5. WANG YU; SHEN HENG; JIN XIAOLI [Experimental Generation of 6 dB Continuous Variable Entanglement from a Nondegenerate Optical Parametric Amplifier](#) 2010
6. CHEN L; HALL J L; YE J [Vibration-induced Elastic Deformation of Fabry-Perot Cavities](#)[外文期刊] 2006

本文读者也读过(2条)

1. 陈艳丽. 张靖. 李永民. 张宽收. 谢常德. 彭堃. [利用模清洁器降低单频Nd:YVO4激光器的强度噪声](#)[期刊论文]-[中国激光](#)2001, 28(3)
2. 申玉梅. 邓晓玮. 贾晓军. SHEN Yu-mei. DENG Xiao-wei. JIA Xiao-jun [连续变量量子纠缠增强实验的改进](#)[期刊论文]-[量子光学学报](#)2011, 17(2)

引用本文格式: 石柱. 苏晓龙. SHI Zhu. SU Xiao-long [用于提高纠缠光源质量的 optical 模清洁器的设计](#)[期刊论文]-[量子光学学报](#) 2010(2)