

文章编号: 0258-7025(2007)04-0496-03

提高激光标线器线斑光强均匀性的高阶模法

肖孟超^{1,2}, 姜耀亮¹, 檀慧明¹, 钱龙生¹

(¹ 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022; ² 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要 基模激光光源的光强高斯分布,使得激光标线器的线斑光强分布不均匀。提出了一种用 TEM_{20} , TEM_{40} 类的高阶模光源代替基模光源的方法。这类高阶模的一个正交方向上的光强分布为几个高斯轮廓的叠加,相对于基模光强的单个高斯分布提高了均匀性。当相邻两高斯分布间间距越小时,高阶模光强分布越均匀。实验通过使激光二极管(LD)相对于腔模轴线横向偏离得到高阶模。通过对横向偏距的精确控制,来控制相邻高斯分布的间距。在激光标线器1 m工作距离处,分别在基模和高阶模作为光源的情况下测得线斑光强数据。数据表明,高阶模光强分布的多瓣叠加特性能提高线斑的光强分布均匀性。

关键词 激光技术; 固体激光器; 线状光斑; 高阶模

中图分类号 TN 248.1 文献标识码 A

Higher-Order Mode Method for Improving Line Intensity Uniformity of Laser Beam Line Generator

XIAO Meng-chao^{1,2}, JIANG Yao-liang¹, TAN Hui-ming¹, QIAN Long-sheng¹

¹Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
The Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130022, China
²Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

Abstract Aimed at un-uniform line intensity of laser beam line generator caused by Gaussian distribution of based mode intensity, a new method replacing the based mode with higher-order mode such as TEM_{20} , TEM_{40} was presented in this paper. The intensity distribution at one of the orthogonal directions of such higher-order mode is the overlapping of several Gaussian distributions. It is more even than single Gaussian intensity distribution of based mode. More short the distance between the near Gaussian apices, more even the intensity distribution of the higher-order mode. The higher-order modes were got by moving transversely laser diode (LD) apart from the axis of the resonator in the experiment. The distance between the near Gaussian apices is controlled accurately by controlling accurately the divergence of LD. At 1 m working distance of laser beam line generator, the data of line intensity were obtained when based mode and higher-order mode incidence acted as the source respectively. The data proved that the overlapping intensity distribution of higher-order mode could improve the line intensity uniformity.

Key words laser technique; solid laser; line; higher-order mode

1 引言

近几年,市场上出现了一种激光标线器,被广泛应用于工业机械、电动工具、建筑装潢等领域的机械板金标线、电锯锯物标线、石材切割定位、轮胎定

位校正等方面。这种激光器先是用红光波段的半导体激光器作为光源,但由于半导体激光器输出激光存在发散角大、光束质量差以及线宽宽等缺点^[1],因此很难整形出高质量的线斑。后来半导体激光抽运的532 nm波长固体激光器也涉足此领域,由它做成

收稿日期:2006-07-20; 收到修改稿日期:2006-11-14

基金项目:国家 863 计划(2002AA311140)资助项目。

作者简介:肖孟超(1980—),男,江西南昌人,博士研究生,主要从事固体激光器热效应及其稳定性的光学研究工作。
E-mail: xiaomengchao@sohu.com

导师简介:钱龙生(1950—),男,吉林长春人,研究员,博士生导师,主要从事激光薄膜器件研制、薄膜特性测试、淀积后的激光处理以及全光信息处理系统中薄膜器件的研究工作。E-mail: cni863@public.cc.jl.cn

的激光标线器有更好的光斑质量——方向性好、光斑对称、对人眼视觉灵敏。本文的研究建立在以半导体激光抽运的 532 nm 波长固体激光器作光源的激光标线器上。

2 激光标线器的设计原理

激光标线器运行原理如图 1 所示, 柱透镜将经过扩束准直系统的基模高斯光束在单方向上进行拉长, 在远处形成线状光斑。更详细的激光标线器的光学设计, 可参考文献[2]。

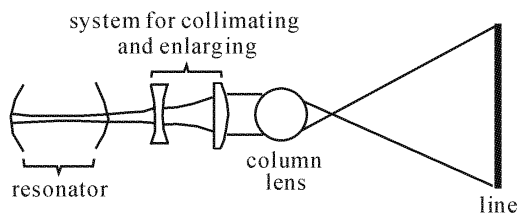


图 1 激光标线器原理图(子午面)

Fig. 1 Principle of laser beam line generator (meridian plane)

由于基模高斯光束光强呈高斯分布, 使得形成的线状光斑中心亮, 两端暗, 严重影响了线斑的质量。为改善线斑光强分布均匀性, S. Shen 等^[3]提出了一种针对发散光源(只扩束未准直)的双柱面棱镜法。该法用两柱面的交界把基模高斯光束从中分开, 被分开的光束分别经过两个柱面拉伸成线。棱镜的设计使得两线能重合, 重合后的线斑具有比较均匀的光强分布。但由于需要两线斑重合, 使得所得线斑长度只能达到单一柱面作用下的一半。I. Powell^[4]设计了一种二维非球面光学柱透镜, 该透镜利用其中心比边缘强的发散能力来均布线斑光强。虽然该法能得到非常均匀的线斑光强分布, 但由于存在非球面的加工问题, 使得该法的推广受到限制。Simon Thibault 等^[5]用一组变形的光学系统加一个衍射光学元件来产生均匀的线斑光强, 由于其设计复杂也不适合推广。本文提出了一种用高阶模光源代替基模光源的方法, 利用 TEM_{20} , TEM_{40} 类高阶模光强分布的多瓣叠加特性来均布线斑光强, 无需改动光学设计。

3 理论分析

这里的高阶模是指 TEM_{20} , TEM_{40} 类高阶模, 这类模在其中一个正交方向上的光强分布为几个高斯轮廓的叠加。以 TEM_{20} 模为例, 在其一正交方向

上光强分布为 3 个高斯轮廓的叠加, 叠加光强分布可表示为

$$I = \exp[-2(x+l)^2/w^2] + \exp(-2x^2/w^2) + \exp[-2(x-l)^2/w^2],$$

式中 w 为该正交方向上单个高斯分布的束腰, l 为相邻两个高斯分布的间距。图 2 为 $w = 2$ mm, l 取不同值时的 TEM_{20} 模光强轮廓图, 从图中可看出, TEM_{20} 模光强分布的多瓣叠加特性使其光强分布比基模光强的单个高斯分布要均匀, 当 l 越小时, 叠加光强分布越均匀。

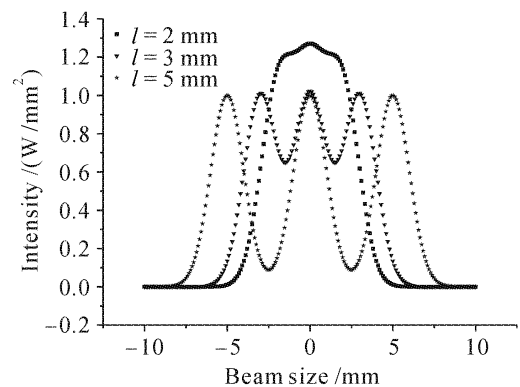


图 2 不同 l 值时 TEM_{20} 模的光强分布图

Fig. 2 Intensity profile of TEM_{20} mode with different l

4 实验

实验所用激光光源为 KTP 内腔倍频的 Nd:YVO₄ 532 nm 平凹腔激光器。调整谐振腔时, 使激光二极管(LD)相对于腔模轴线横向偏离可使抽运光模式与腔模模式不匹配, 从而激发出高阶模。精确控制好偏离的距离可依次得到 TEM_{20} , TEM_{40} 模。此法成功的关键是在无激光二极管的前提下事先已对准好谐振腔, 这就引申出一个平凹直腔激光器谐振腔模块化问题, 关于此问题的解决办法详见参考文献[6]。图 3 为在精确控制激光二极管相对于腔模轴线横向偏离的情况下用光束轮廓仪测得的 TEM_{20} 光强分布图。从图中可看出对偏离距离 L_i 的精确控制, 可在一定程度上控制叠加峰的间距 l , 从而使高阶模的光强分布更加均匀。

实验装置按图 1 搭建, 柱透镜为 $r = 3$ mm 的双凸镜。图 4 为当光源分别为 TEM_{00} , TEM_{20} , TEM_{40} 模时在 1 m 的工作距离处所得线斑照片(TEM_{20} , TEM_{40} 模的多瓣方向平行于图 1 的子午面)。图 5 为相同的工作距离处测得的线斑光强分布图。从图 4 和图 5 可看出, 用 TEM_{20} , TEM_{40} 模代替 TEM_{00} 模作为光源有效地提高了线斑光强的均匀性。

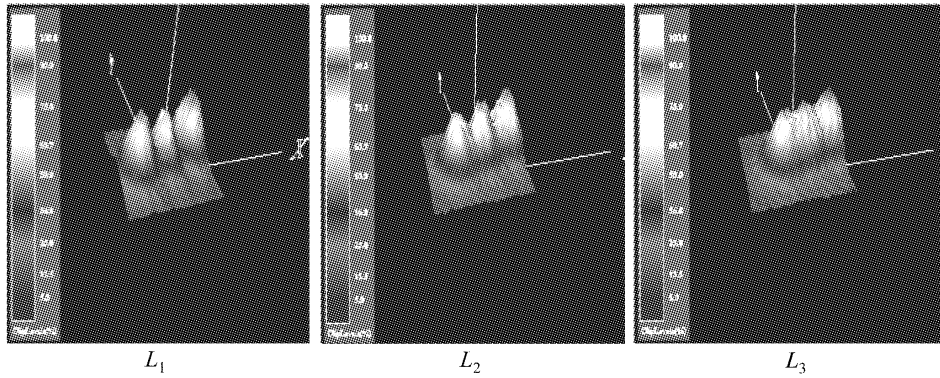


图 3 激光二极管横向偏离腔模轴线不同距离得到的 TEM₂₀ 光强分布三维图 (L₁ > L₂ > L₃)

Fig. 3 3D intensity profile of TEM₂₀ achieved when LD departs transversely the axis of the resonator with different distances (L₁ > L₂ > L₃)

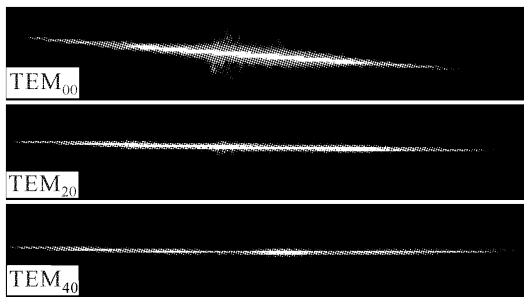


图 4 TEM₀₀, TEM₂₀, TEM₄₀ 模所成的线斑照片
Fig. 4 Photograph of lines intensity distributions achieved from TEM₀₀, TEM₂₀, TEM₄₀ mode

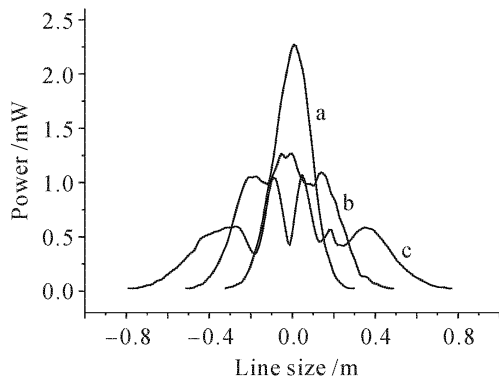


图 5 TEM₀₀, TEM₂₀, TEM₄₀ 模所成的线斑光强分布图
Fig. 5 Distributions of lines intensity achieved from TEM₀₀ (curve a), TEM₂₀ (curve b), TEM₄₀ mode (curve c)

5 结 论

针对激光标线器线斑光强不均匀的问题,提出

了一种用高阶模激光光源代替基模激光光源的方法。理论分析和实验均证明,高阶模光强分布的多瓣叠加特性有效地改善线斑光强分布。虽然未得到非常均匀的线斑,但已能满足一般的使用要求。该法无需改动光学设计,也不会影响在工作距离上的线斑长度(由于高阶模在单方向上比基模宽,反而能增加线斑长度),只需在调试激光器时控制好激光二极管相对于腔模轴线横向偏离即可实现,简单易行。

参 考 文 献

- 1 Zheng Quan, Wang Junying, Xue Qinghua. LBO frequency doubled CW red laser at 671 nm up to 1.8 W [J]. *Chinese J. Lasers*, 2005, **32**(1):9~11
郑 权,王军营,薛庆华. LBO 倍频 1.8 W 连续 671 nm 红光激光器[J]. *中国激光*, 2005, **32**(1):9~11
- 2 Li Yufei, Hou Xueyuan, Sun Yuming *et al.*. Optical design of laser indicator [J]. *Journal of Shandong University*, 1999, **34**(4):441~444
李宇飞,侯学元,孙渝明 等. 激光指向仪的光学设计[J]. *山东大学学报*, 1999, **34**(4):441~444
- 3 Shizhe Shen, Quan Zheng. A novel diode laser beam line generator and homogenizer [C]. *SPIE*, 2005, **5624**:493~497
- 4 I. Powell. Design of a laser beam line expander [J]. *Appl. Opt.*, 1987, **26**(17):3705~3709
- 5 Simon Thibault, Sainte Foy. Line generator optical apparatus [P]. US patent, 2004, Patent No. US6688758B2
- 6 Xiao Mengchao, Jiang Yaoliang, Tan Huiming *et al.*. A method of adjusting plane-concave laser resonator based on Gauss beam [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2006, **14**(5):740~744
肖孟超,姜耀亮,檀慧明 等. 一种基于高斯光束的平凹激光腔对准方法[J]. *光学精密工程*, 2006, **14**(5):740~744