

文章编号: 1002-2082(2006)SO-0055-03

一种新型激光目标模拟光源

南 瑶^{1,2}, 贾选军², 向世明^{1,2}, 于 帅², 孔 军²,
桑 鹏², 杨冶平², 吉 晓², 杨照金²

(1. 北京理工大学 信息科学与技术学院, 北京 100081; 2. 西安应用光学研究所, 西安 710065)

摘 要: 简述了激光接收系统性能测量中所用激光光源的现状和存在的问题, 提出了一种新型激光目标模拟光源。该光源主要利用单模光纤输出模式为横向高斯分布, 即激光能量密度空间横向分布为高斯分布, 并以一固定束散角沿轴向传输的性质及空间滤波实现激光目标回波模拟。该方法从原理上解决了微峰值功率密度条件下复现目标模拟激光光场分布的均匀性和小束散角问题, 并在激光波长、脉冲宽度上与被检测接收系统的实际工作波长、脉冲宽度一致。研制的检测系统已用于激光测距机的质量控制。

关键词: 激光接收系统; 目标模拟光源; 光纤束

中图分类号: TN245

文献标志码: A

A novel laser source for target simulation

NAN Yao^{1,2}, JIA Xuan-jun², XIANG Shi-ming^{1,2}, YU Shuai², KONG Jun²,
SANG Peng², YANG Ye-ping², JI Xiao², YANG Zhao-jin²

(1. School of Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing
100081, China; 2. Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

Abstract: The situation and the problems of the laser source used nowadays for measuring the performance of laser receivers are presented, and a novel laser source for target simulation based on a bunch of single-mode fibers which produces a laser field transmitted in Gauss distribution with settled divergence is proposed. The problems of uniformity and small divergence for reconstructing the light field distribution of target simulating laser under the condition of micro peak power density was solved with this method theoretically. The testing result of the target simulation laser consists with the actual working wavelength and width of the receiving system. The detection system developed by us has been used for quality control of laser range finders.

Key words: laser receiver; target simulation source; fiber bundle

引言

激光的优良光束传输特性受到了许多研究领域的青睐。借助对目标激光回波的探测, 可了解目标的位置及运动规律。在探测过程中, 激光接收系统的最小探测灵敏度决定着激光接收系统的作用范围。因此, 研制和生产单位对激光接收系统的最小探测灵敏度的测试要求十分严格, 这类测试需要

一个高光束质量的激光光源作为标准光源。通常测量的方法有两种: 一种是采用半导体激光器准直的方法; 一种是对远方目标进行实际测量。因远方目标测量易于受到天气变化的限制, 故不适宜作为标准光源使用。半导体激光器准直是目前普遍采用的方法。

激光接收系统的最小可探测灵敏度通常小于

收稿日期: 2006-07-10; 修回日期: 2006-08-10

作者简介: 南瑶(1964—), 女, 陕西西平人, 博士, 主要从事激光参数计量研究工作。E-mail: jiaxj64@sohu.com

峰值功率密度 10^{-7} W/cm^2 。由于这个量级的脉宽纳秒级激光的复现^[1],实际操作时会受到半导体激光器输出光束质量、微能量测量仪器测量量限的制约,很难达到精确模拟激光回波光源的要求。加之各接收系统具体工作原理和结构质量的千差万别以及装夹激光接收系统的装调机构精度的限制,造成比对测量结果的离散性很大,即评价激光接收系统性能的模拟激光光源的均匀性、束散角准确标定、与接收系统对准的难度很大。

在实际激光系统中,对远距离目标的探测,通常采用会聚透镜将回波激光会聚到具有高响应灵敏度的雪崩式硅光二极管探测器件的光敏面上完成回波激光信号接收。在这个过程中,目标的朗伯散射、激光回波的大覆盖面、接收光学系统与瞄准系统的同轴度、接收光学系统小视场角等都是影响激光接收系统最小可探测灵敏度的因素。实际目标工作时,激光回波可以完全覆盖接收系统,亦即远距离目标激光回波在激光接收光学系统输入口处是一垂直于入射面、束散角很小几乎平行的大口径脉冲激光束。当激光接收系统的视场角大于回波激光的束散角时,回波激光聚焦后便可全部入射到探测器表面,从而被激光接收系统全部接收。故要求模拟回波激光的口径要大,且其束散角应小于接收系统的视场角。

激光接收系统对脉冲激光回波的响应是一个瞬时的光电响应过程,电信号的前沿触发使得输出激光的脉冲宽度与激光接收系统的带宽存在一定的匹配关系,这种匹配关系对不同的激光测距机存在一定程度上的差别。模拟激光回波的脉冲宽度应接近实际接收系统的脉冲宽度。

为了降低环境光噪声,提高系统信噪比,激光接收系统通常在接收天线上镀有与输出激光一致的窄带滤光膜,即要求模拟激光回波的光谱线宽应接近实际的激光回波波长。

在对多层次激光目标的模拟中(例如:激光 flash 雷达和成像雷达系统),因激光回波的时延差不同,加之接收系统的视场角较大,故接收到回波激光的峰值功率密度不同。要求模拟激光回波的多脉冲列应有一定范围内的可调时延差、束散角和功率/能量分布。

1 现状

目前已有多家专业性研究单位和生产厂家从事脉冲激光回波的目标模拟系统和测量仪器的研

究和开发,其中有用连续激光经声光调制产生重复脉冲序列,经扩束镜扩大激光束的口径形成脉冲宽度在百纳秒量级的模拟激光回波;有用半导体激光器准直形成脉冲宽度在几十纳秒量级的模拟激光回波,在大口径时激光光束均匀性大于 20%;有用激光直接照射一定透空形状的朗伯散射标准靶面,用接收系统接收散射激光进行相对检测,但该方法实际操作时存在空间上的局限性,远距离操作易于引入传输过程的畸变因素;有采用激光二极管阵列形成均匀光场的;有对激光进行小孔光阑串级衰减的。上述这些方法可满足激光回波模拟的部分要求,但由于工程常用的脉冲激光在空间和时间上的占比均很小,故室内测量时,低信噪比的光、电辐射背景噪声下微峰值功率密度测量结果的重复性很差,通常为 30%,有时甚至高达 100%。因此,激光目标回波光源的峰值功率密度测量不确定度很大。

激光峰值功率测量仪通常采用小面积探测器件,且对准直光路的性能要求和光路调试要求很高。在微峰值功率测量时,光路调试结果无法进行可靠的旁证,常常引起客户对测量结果的质疑,多家比对测量结果的离散性也很大。基于以上种种问题,本文提出采用单模光纤组成的光纤束对激光系统发射激光进行采样,通过光纤延迟和多光纤输出实现对激光目标回波的模拟,从而建立了激光目标模拟光源。

2 激光目标模拟光源的组成和工作原理

激光目标模拟光源主要由激光源、单模光纤束、束散角调节机构、空间滤波器、屏蔽罩和准直透镜组成,其单模光纤束可采用不同长度^[1-3]的光纤编码形成一定图案的多层次模拟目标激光回波。激光源可以是被测激光系统的光源,也可以是同类型的激光源。激光目标模拟光源示意图见图 1 所示。

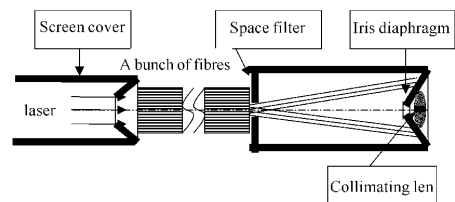


图 1 激光目标模拟光源示意图

Fig. 1 Schematic diagram of light source for laser target simulation

本激光目标模拟光源的工作原理主要是单模光纤的输出模式为横向高斯分布^[4],激光能量密度空间分布为高斯分布,并以一固定束散角沿轴向传播,通过空间滤波实现激光回波模拟。激光在光纤束输入端完成空间采样衰减,经光纤中传输整形后,输出激光光束的空间分布为高斯分布,在光纤束出口(位于准直透镜的焦平面上)采用空间滤波器控制采样光的光纤个数,用以调整回波模拟激光的束散角。用口径为 D 的可变光阑采样获取高斯分布光场的顶部,得到输出能量密度分布峰值的95%以上为较平坦部分。激光目标模拟光源可变光阑的采样原理如图2所示。用准直透镜实现小束散角激光目标回波模拟。光纤束输出端面的离散结构使得空间调制滤波易于实现。

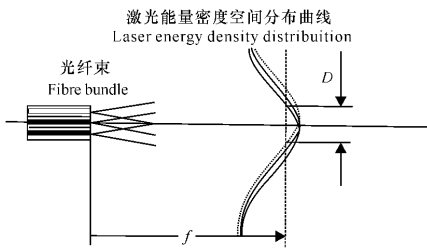


图2 激光目标模拟光源可变光阑采样原理图

Fig. 2 Principle diagram of space sample with iris for light source of laser target simulation

图3为可变光阑空间采样示意图。图中4个圆代表4根光纤输出能量密度峰值的95%以上光束的横向光斑空间分布。在4个光斑的重叠部分安置

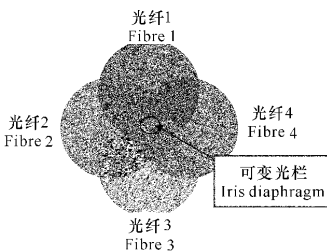


图3 可变光阑空间采样示意图

Fig. 3 Schematic diagram of space sample with iris diaphragm

有空间滤波器,借此获得已知束散角和均匀性的标准模拟激光,通过调整纵向接收位置和空间滤波器口径 D 控制模拟回波激光的强弱。

3 结束语

激光目标模拟光源采用了不同长度的单模光纤,而长距离单模光纤传输对激光整形的统计结果和多根光纤输出激光的叠加使得输出激光的空域和时域分布模式趋于稳定。单模光纤输出的分离结构使得硬光阑在控制模拟光束束散角的同时不致引起严重影响模拟光束质量的附加衍射效应。

由此方法获得的激光目标模拟光源的光场从原理上解决了激光光场分布的均匀性较差问题。其空间分布的稳定性得到了很大提高,激光光场的峰值功率密度亦可严格标定。直接采用被检测系统的输出激光,使得在激光波长、脉冲宽度上与被检测系统的实际工作波长、脉冲宽度一致。在近距离模拟时可忽略单模光纤的色散,在远距离模拟时可通过单模光纤的色散匹配实现与实际传输介质的色散等效。

该激光目标模拟光源结构简单,可直接与被检测系统的激光发射天线和接收天线相连,实现在线检测,大大缩短武器系统研制、试验和生产周期中的检测时间。由此获得的实验数据可提高武器系统激光参数的量化设计能力,从而提高系统性价比,节约大量的外场试验经费。

依此方法研制出了相应的检测仪器,已用于激光测距机的质量控制。

参考文献:

- [1] 南瑶,贾选军,向世明,等. 重频激光参数测量仪[J]. 红外与激光工程, 2004;33(2):145-149.
- [2] 南瑶. 激光单脉冲时域和空域实时测试技术研究[D]. 北京:北京理工大学,2005.
- [3] 范典,姜德生,梅加纯. 编码式光纤光栅传感阵列解调方案的论证[J]. 应用光学,2005,26(4):46-49.
- [4] 张克潜,李德杰. 微波与光电子学中的电磁理论[M]. 2nd. 北京:电子工业出版社,2002:202-205.