

文章编号: 1001-5078 (2006) 09-0847-03

基于光开关的新型激光探测技术研究

杨进川¹, 张小龙¹, 刘 锋²

(1. 华北光电技术研究所, 北京 100015; 2. 北京首信艺能通信有限公司, 北京 100016)

摘 要:文中针对在浓密介质中进行激光探测时,所遇到的介质后向散射致使探测器饱和及疲劳接收问题,提出了一种基于光开关的新型激光探测技术,可以去除介质中强后向散射,解决探测器饱和及持续疲劳接收问题,从而实现浓密介质激光目标探测的高灵敏度,为达到更远探测距离提供了新的技术手段。

关键词:激光探测;光开关;后向散射;消光比

中图分类号: TN958.98

文献标识码: A

A Newly Laser Detecting Technology Based on Optic-switch

YANG Jin-chuan¹, ZHANG Xiao-long¹, LIU Feng²

(1. The North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China;

2. Yi Neng Communication Limited Company Beijing Capital, Beijing 100016, China)

Abstract: A newly high sensitivity laser detecting technology based on optic-switch technique is presented, to resolve the problems of detector absorption saturation and fatigue caused by backward dispersion on the condition of thickener medium laser detection. By application of this technology, backward dispersion can be reduced and the saturation and fatigue absorption problem is resolved, thus high sensitivity was achieved, and underwater and remote laser detection ability is improved.

Key words: laser detecting; optical switch; backward dispersion; extinction ratio

1 引 言

激光在介质中传输时,回波信号由于介质的吸收和散射两者作用而衰减。其中,吸收使光能量转变成热能而损失;散射使光子前进方向和路径发生变化;特别在浓密介质(如雾天、水下等环境)中,散射和吸收更加强烈,极大制约着激光探测能力,所以在浓密介质中探测,要求探测器不仅具有弱光成像能力,而且能消除后向散射干扰,有效提高可检测信噪比能力。目前 ICCD 仍是应用最为广泛的一种^[1],也是当前浓密介质中成像系统首选的光电接收器。

采用带波门 ICCD 的激光探测成像体制,对后向散射等干扰有很好的抑制作用^[2],但由于像增强器光敏面环节的后向散射光并没有被选通和隔离,因此无法解决像增强器光敏面本身饱和与疲劳接收

问题,导致探测噪声增大,信噪比恶化,灵敏度急剧下降,这一点已被实验所验证,并在大能量发射,高灵敏度接收体制激光大气探测中复现,如图 1 所示。

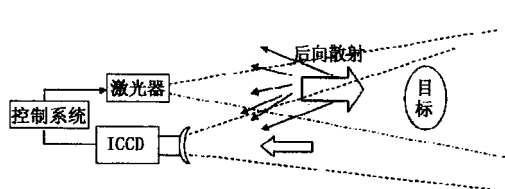


图 1 激光水下目标探测实验证明

基金项目: 固体激光技术重点实验室项目资助课题 (51438050204ZS0804)。

作者简介: 杨进川 (1978 -), 男, 华北光电技术研究所硕士研究生, 目前主要从事激光探测的研究。

收稿日期: 2006-04-17

针对常规距离选通方式的激光成像体制存在无法克服的此类问题,经过深入开展实验研究和方案论证的基础上,提出了高灵敏度距离选通成像的新技术方案,如图 2 所示。

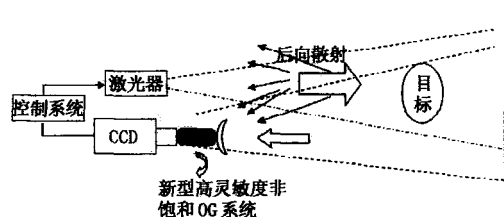


图 2 采用新型高灵敏度距离选通成像技术的激光探测 OG 系统

拟基于光学隔离手段和像传递技术^[3],采用新型高灵敏度距离选通成像技术的激光探测光闸 (optical gate, OG) 系统,不但可去除强的介质后向散射,而且可以彻底解决光敏面的饱和及持续疲劳接收问题,真正实现高灵敏度探测接收目的。

2 实验装置和原理

在探测系统接收部分,研制一套非饱和高灵敏度强激光成像系统,激光在未到探测器前,OG 将后向散射等杂散回波挡在接收机外,待从目标返回的激光束刚好到达接收物镜的瞬间,通过接收系统时钟高压脉冲电路控制回波光束,使目标距离信息的回波刚好进入。

此项技术的关键是,利用晶体电光效应制造灵敏度极高的光开关,实验装置如图 3 所示。它由偏振分光棱镜、电光晶体、透镜、接收镜头和 CCD 几部分构成。

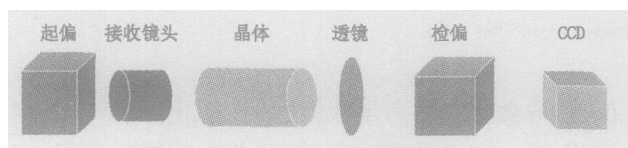


图 3 光开关实验装置

光开关的工作过程如图 4 所示。

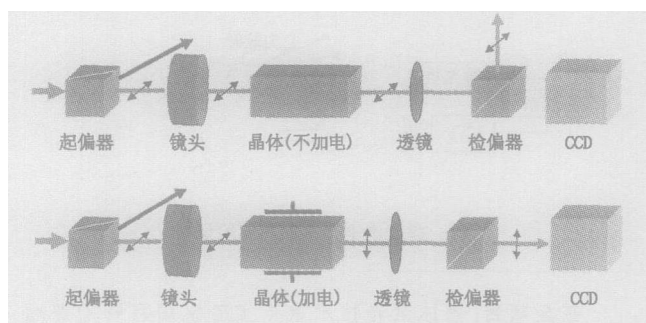


图 4 光开关工作光路示意图

由图 4 可以看出,当目标信号未到达探测器光敏面时,在其前端加上光开关,此时晶体不加电,介

质后向散射被正交偏振器所阻,不能到达探测器,光开关处于关闭状态;在目标信号到达探测器前的一瞬间,对晶体加高压,光开关开启,晶体由于电光效应作用,由原来的单轴晶体变为双轴晶体^[4],晶体的感应主轴 X' 、 Y' 方向相对于晶轴 X 、 Y 绕 Z 轴 (光轴) 旋转了 45° (见图 5),并与起偏器的偏振轴成 45° 夹角;晶体使入射偏光的偏振方向旋转了 $\frac{\pi}{2}$,此时出射光仍为线偏振光,但偏振方向与入射光成 90° 夹角,并且偏振光的偏振方向恰好为检偏器的偏振轴方向,通过检偏器输出的光强达到极大值。

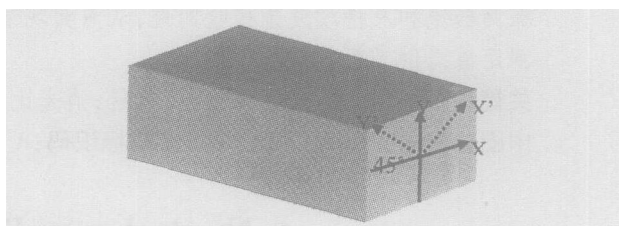


图 5 晶体加电后的感应主轴方向

3 仿真与实验结果

为了验证光开关技术对于杂散光的开关性能,我们对光开关的消光比,即通过光开关的最大出射光强与最小出射光强之比进行了测量;接着对三种距离下的目标探测进行了仿真与实验。

通过推导,我们仿真出了光开关的消光比随收视场角变化的关系,见图 6。

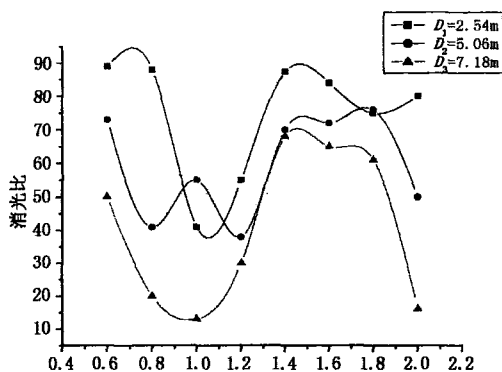


图 6 消光比与视场角之间的关系

图 6 中,三条曲线分别为三种距离下消光比随视场变化的走势,可以看出,光开关的消光比随距离增加略有下降,在 $1.4^\circ \sim 1.9^\circ$ 视场角范围内,消光比的数值较稳定,一般在 $60 \sim 90$ 之间。总体来说,消光比随视场角变大呈下降的趋势,图中消光比数值在增大视场角时所产生的振荡,是由于晶体的相位差呈周期性变化,因而对通过它的最大出射光强也会有周期性的强弱变化,使得消光比值有所振荡。当晶体相位差为 π 的奇数倍时,输出光强为最大

值;当晶体相位差为 2π 的整数倍时,输出强度为最小值。

根据仿真结果,对三种距离的目标进行了成像实验,进一步验证光开关的消光比。实验流程如图 7 所示。

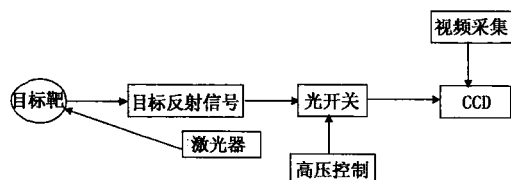


图 7 光开关激光探测成像实验流程图

实验中采用 200mW 激光器 (波长为 532nm) 对目标进行照射,在用回波未到达接收系统前端前,电光晶体不加电,光开关关闭,杂散光不能进入接收系统;在目标回波到达接收系统前的一瞬间,通过高压模块对晶体加半波电压 (1525V),光开关迅速开启,目标信号刚好到达接收器,通过视频采集系统对回波信号进行采样,同时对光开关的消光比进行测量。实验结果如下:

①近距离 (图 8)

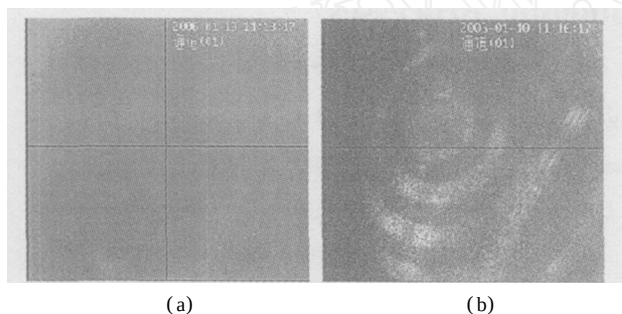


图 8 (a)晶体未加电成像,光开关处于关闭状态
(b)晶体加电成像,光开关处于开通状态

此种情况下,当视场角为 1.9° ,消光比可达到 88.1。

②中距离 (图 9)

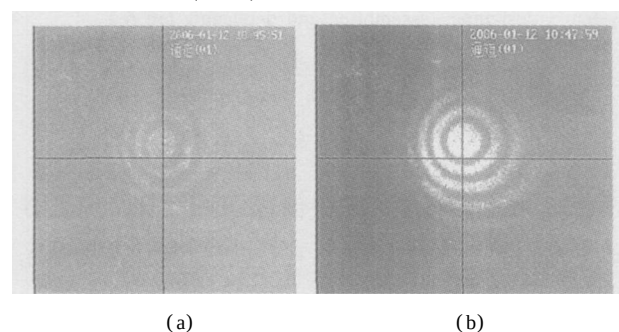


图 9 (a)晶体未加电成像,光开关处于关闭状态
(b)晶体加电成像,光开关处于开通状态

此种情况时,视场角为 2° ,消光比可达到 45.1。

③远距离 (图 10)

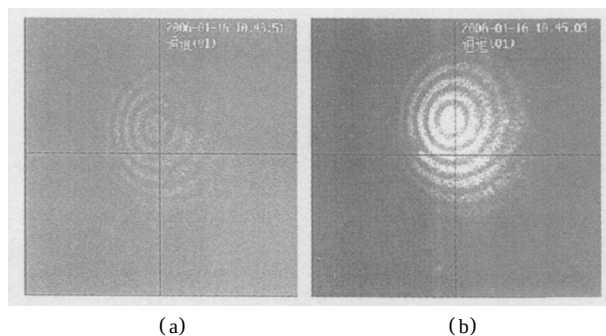


图 10 (a)晶体未加电成像,光开关处于关闭状态
(b)晶体加电成像,光开关处于开通状态

此种情况时,视场角为 1.65° ,消光比可达到 58.41。

根据以上的实验结果对比仿真数据可以得到:随着探测距离的加大,光开关的消光比比值在下降,这与仿真结果相吻合;对比图 10 与图 9 两种情况,可以看到随着视场角的加大,消光比从 58.41 降到 45.1,即视场变大消光比下降,与仿真结果基本一致。对于图 8 这种情况,虽然视场角较大,但由于距离较近,经过镜头入射到晶体的光的角度不是很大,接近于近轴光,晶体在这一角度对入射光有很好透过,所以会得到很高的消光比。

4 结论

研究了浓密介质中克服后向散射的新技术方案——光开关技术,设计出实验装置并对光开关的开关特性进行了仿真与实验验证。通过实验得出:在视场角 2° 的范围内获得了较高的消光比,探测到了清晰的目标图像;随着接收视场的加大,由于晶体对角度的敏感性,消光比呈下降的趋势;实验与仿真结果基本吻合,为今后开展大视场高消光比光开关技术的研究奠定了重要基础。预计光开关技术的研制成功,将解决探测器饱和及持续疲劳接收问题,实现浓密介质中激光目标探测的高灵敏度和低接收信噪比,为达到更远探测距离提供了新的技术手段。

参考文献:

- [1] 谭显裕. 水下成像的现状和发展动向 [J]. 红外与激光工程, 1996, 25(3): 61 - 64
- [2] 章正宇. 激光水下目标探测关键技术研究 [D]. 西安电子科技大学博士学位论文, 2002
- [3] 梁铨廷. 物理光学 [M]. 浙江大学, 1998
- [4] 石顺祥, 等. 物理光学与应用光学 [M]. 西安: 西安电子科技大学, 1998