

文章编号: 1001-3806(2002)02-0141-03

## 对红外系统后向反射光的研究

张大勇 刘常龄 袁永华

(中国工程物理研究院流体物理研究所, 绵阳, 621900)

**摘要:** 讨论了某种红外系统对入射激光的后向反射光特性, 从反射形成机理、反射光信号特征以及后向反射光的方向性等多个方面讨论了后向反射光的实际应用性。设计了红外系统对入射激光后向反射光的形成实验, 对理论分析进行实验验证。

**关键词:** 红外系统; 调制盘; 后向反射光

**中图分类号:** TN21 **文献标识码:** A

### Study on back-reflected laser from an infrared system

Zhang Dayong, Liu Changling, Yuan Yonghua

(Institute of Fluid Physics, CAEP, Mianyang, 621900)

**Abstract:** The characteristics of back-reflected laser from an infrared system are investigated in theory and through experiment. The mechanism of back reflection, reflected laser signal characteristics, direction of reflected laser and the application of the reflected laser are discussed. An experiment set-up is designed to test the theoretical analysis.

**Key words:** infrared system; modulating disk; back-reflected laser

### 引言

红外系统对入射激光的后向反射光在定向红外对抗系统中有很重要的意义。对定向红外对抗系统来说, 能实时选择最佳干扰调制工作方式的概念称为闭环技术, 它首先要用一台激光器向红外系统发射激光, 分析其反射光信号, 确定红外系统的类型, 然后针对该类红外系统选择最有效的干扰调制方式, 对射向红外系统的干扰激光进行调制<sup>[1,2]</sup>, 闭环技术采用的激光器, 也可当成照明激光器, 利用后向反射光对红外系统进行主动跟踪。未来, 随着红外对抗技术的发展和红外特征信号的减弱, 采用主动跟踪将成为重要的发展趋势。美国三军目前分别开展以 CO<sub>2</sub> 激光器和固体激光器为光源的定向红外对抗研制计划, 美空军 WRIGHT 实验室计划研制一种灵巧的定向红外对抗系统, 称之为“激光红外对抗飞行试验”, 即“LIFE”计划。该计划采用闭环系统, 在 1996 年进行了发射试验<sup>[3]</sup>。

### 1 后向反射光的产生

作者简介: 张大勇, 男, 1975 年 7 月出生。硕士。现从事光电破坏方面的研究。

收稿日期: 2000-11-14; 收到修改稿日期: 2001-02-22

典型的红外系统一般由光学系统、调制盘、光敏电阻和陀螺系统组成。红外系统的光学系统是一个折射和反射式系统, 它接收目标辐射的红外线, 并成像在调制盘上, 而调制盘位于光学系统的焦平面上。图 1 是某种红外系统的光学系统图, 由图可知, 当激光束打在红外系统上时, 通过光学系统的折、反射使目标像点落在调制盘上。由矩阵光学可知, 调制盘前的光学系统可以简化成一个透镜, 该透镜的焦距是  $f = f / (1 + 2f/R)$ , 其中  $f$  表示支撑透镜的焦距,  $R$  表示球面反射镜的曲率半径。

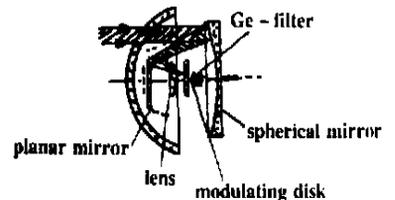


Fig. 1 Optical system of infrared system

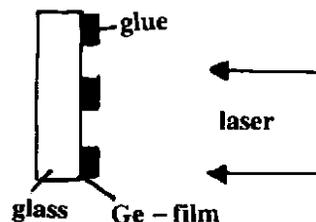


Fig. 2 The figure of modulating disk

调制盘结构示意图如图 2 所示, 调制盘表面分成不同图案的明格和暗格。明格为基底玻璃, 上面没有任何膜层, 光线可以通过。暗格的表面层是乳胶层, 乳胶层的作用是形成不同的调制图案, 乳胶层下面是铬膜层, 光线不能通过。光学

系统的简化图如图3所示。调制盘置于光学系统的像平面上,当目标像点与调制盘之间有相对运动时,透明和不透明栅格斩割像点,即对目标像点的红外辐射进行调制<sup>[4]</sup>。

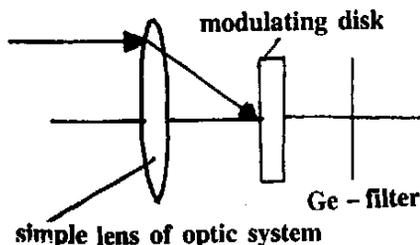


Fig. 3 Optical simple system

由图2和图3可以看出,当入射激光束照在暗格上时,入射激光束的大部分被乳胶层吸收掉,只有小部分在乳胶层表面形成漫反射光1。散斑光强分布的概率密度函数  $P(I_s)$  为:

$$P(I_s) = \frac{1}{I_s} \exp - \frac{I}{I_s} \quad (1)$$

式中,  $I_s$  表示散斑光强平均值,  $I$  表示散斑光强。从(1)式可以看出,散斑光强分布的概率密度函数分布是负指数分布。由负指数函数的性质可知,散斑光强分布的概率密度函数的平均值接近0,漫反射的光强分布较弱。

此外,还有一部分落在明格上的入射光被调制盘基底玻璃前、后表面产生镜面反射,分别形成反射光2和反射光3。反射光2的方向同入射光方向平行,反射光3的方向同入射光方向不平行。剩余部分透过调制盘基底玻璃,打在锗滤光片上,一部分被锗滤光片吸收,剩余部分被锗滤光片反射。由于红外系统结构尺寸的限制,只有部分锗滤光片反射光能够再次透过调制盘,形成反射光4,但其出射方向与入射光方向不平行且具有角度限制,如图4所示。

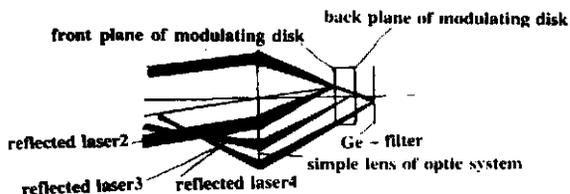


Fig. 4 Reflected laser from infrared system

从上面的分析可以看出,当激光束照射红外系统时可以产生4种不同方向的后向反射光,从实际应用考虑,反射光1是乳胶层产生的漫反射光,不仅能量弱,而且方向性不好,不宜作探测后向反射光;反射光3和反射光4的后向反射方向同入射光的入射方向不相同,不适合用于远距离接收;只有反射光

2的方向同入射光方向平行,并且能量可以作为探测用后向反射光。

图5是某种调制盘花纹图,可以看出:调制盘的上半圆为调制区,下半圆为半透明区。当红外系统处于工作状态时以  $72r/s$  的速度旋转,反射信号便被调制成脉冲信号。

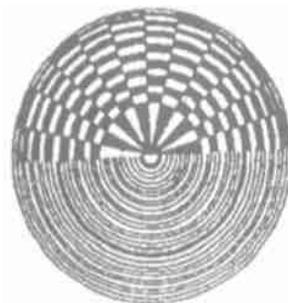


Fig. 5 The pattern of modulating disk

动态反射波形是一串脉冲“组”,其中脉冲“组”的重复频率  $f_b$  等于陀螺转子的旋转频率,即  $f_b = 72Hz$ ,  $T_b = 1/f_b = 0.0139s$ 。脉冲“组”的载波频率为  $f_z = Kf_b$ ,其中  $K$  是调制盘的扇形个数。当  $K = 12$  时,  $f_z = 864Hz$ ,  $T_z = 1/f_z = 0.0012s$ 。

## 2 实验方法和结果

### 2.1 实验系统介绍

实验系统如图6所示,在实验中选用  $\lambda = 0.6328\mu m$  的 He-Ne 激光器。激光器发射  $\lambda = 0.6mm$  的激光束,经光学系统的折、反射最后聚焦在调制盘上。经调制盘的反射,反射光束被光学系统折、反射后,形成后向反射光。在接收回路处有一光屏,可以观察后向反射光的形状,用 CCD 摄像机拍摄反射光斑图形并送到计算机系统进行分析。撤掉光屏,用硅光电二极管接收反射光信号,接收的反射光信号通过示波器显示出来。根据硅光电二极管所接收的信号,分析后向反射光特性,验证后向反射光的产生机理。

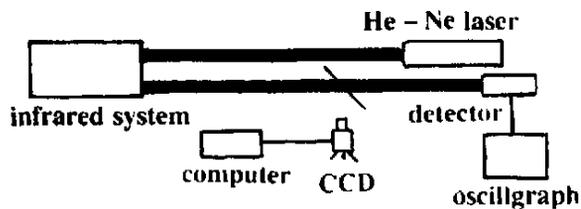


Fig. 6 The experiment system

### 2.2 实验现象和实验结果

当光线以顺时针偏转一个角度进入红外系统时,光屏上出现两个光斑,一个光斑的反射方向和入射光方向平行,另外一个光斑的反射方向同入射光方向不平行,光强分布图如图7所示。当光线逆时针偏转一个角度进入红外系统时,光屏上呈现3个光斑,一明两暗,明光斑的出射方向同入射光方向不平行,一个暗光斑的出射方向同入射光方向平行,另

外一个暗光斑的出射方向同入射光方向不平行,光强分布图如图 7 和图 8 所示。用探测器接收的入射光和反射光波

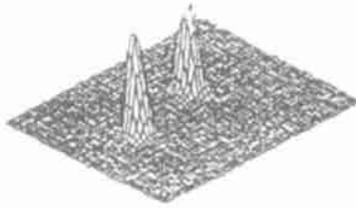


Fig. 7 Intensity distribution of two light mottling

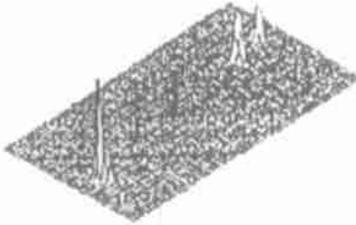


Fig. 8 Intensity distribution of three light mottling

$T_1 = 15\text{ms}$ , 脉冲“组”的载波周期  $T_2 = 1\text{ms}$ , 同调制盘

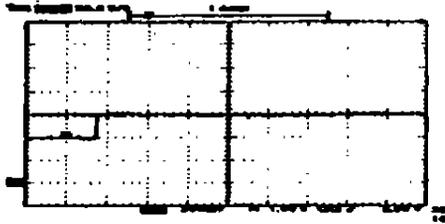


Fig. 9 Wave form of irradiation laser

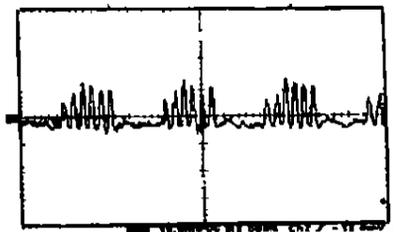


Fig. 10 Reflected wave from front plane of modulating disk

的调制特性基本相吻合。而调制盘后表面和错滤光片动态反射光由于再次经过调制盘前表面的调制,调制波形和频率都有所变化。

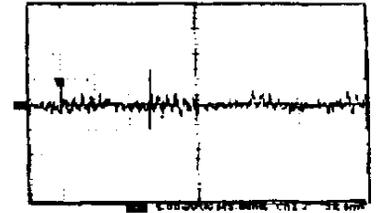


Fig. 11 Reflected wave from back plane of modulating disk

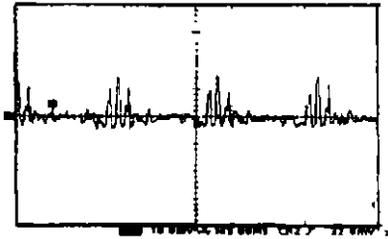


Fig. 12 Reflected wave from Ge-filter

### 3 结 论

激光对红外系统的后向反射光具有较高的实际意义,由调制盘前表面产生的后向反射光具有方向性好、光强度高、光束发散小等优点,并具有独特的波形特征,可以用于对红外系统的准确跟踪、目标识别,在军事和民用方面可发挥重要作用。

### 参 考 文 献

- [1] Carroll S. J Electronic Defense, 1999, 22(9) :45 ~ 46.
- [2] Craing M. J Electronic Defense, 1994(1) :47 ~ 48.
- [3] 付 伟. 红外技术, 1997, 19(1) :6 ~ 8.
- [4] 陈玻若. 红外系统. 北京:兵器工业出版社, 1995.

(上接第 158 页)

材料弛豫时间时,非傅里叶导热效应明显,温度分布计算按照非傅里叶导热定律。非傅里叶效应作用距离很小,对于半无限大物体,其深度取决于热扩散率和弛豫时间,表达式为  $x = 10 \sqrt{\quad}_0$ 。

### 参 考 文 献

- [1] 杨世铭. 传热学. 北京:高等教育出版社, 1987.
- [2] Atkins K R. Liquid Helium. England: Cambridge University

- Press, 1959.
- [3] Peshkov V. J Physics, 1985, 8:381.
- [4] Kumar K T, Raju R N. J Thermophysics, 1991, 5(2) : 232 ~ 239.
- [5] Morse P M, Feshbach H. Method of Theoretical Physics. New York: McGraw-Hill, 1953.
- [6] Shih T M. Numerical Heat Transfer, 1985, 8(1) : 1 ~ 24.
- [7] Eckert E R G, Goldstein R J, Ibele W E *et al.* J Heat Mass Transfer, 1994, 37 (9) :1285 ~ 1375.
- [8] Tzou T Y. Transaction of the ASME, 1989, 111(2) : 232 ~ 238.
- [9] 张 浙, 刘登瀛. 工程热物理学报, 1998, 19(5) :601 ~ 605.