

CO₂ 相干激光轮廓成像研究

南京达 焦 杰 皮名嘉

(哈尔滨工业大学应用物理系, 哈尔滨 150006)

提 要

本文以自制 CO₂ 相干激光成像的实验系统, 成功地实现了相干激光的彩色轮廓成像。

关键词: 相干激光成像, 轮廓成像。

一、引 言

CO₂ 相干激光成像技术广泛地应用于相干激光雷达系统、激光制导、激光相干通信、激光导航、机器人视觉系统和空间交会对接技术等等领域中。

在国外, CO₂ 相干激光成像技术已得到重视并进行了广泛地研究, 得到了长足地发展, 强度像(即轮廓像)、距离像和速度像等都已研究成功。到 80 年代初、中期, 许多实验室已相继研制出演示性相干激光成像系统^[1, 2], 数据处理方式也已发展到实时处理, 图像成帧速率已达 16 frame/s。据报道, 到 80 年代末, 已由单一的主动激光成像发展到研制主动/被动的激光/红外复合式成像系统^[3]。

在我国, CO₂ 相干激光成像技术的研究仅有少数单位在进行, 并取得了一定的成果。但是, 漫射目标的轮廓成像研究, 至今还未见报道, 只是点目标(镜式目标)的 CO₂ 相干激光成像的研究刚刚有报道。

本文研究以喷砂铝板作为目标的 CO₂ 相干激光轮廓成像。其关键是如何接收到经扫描器扫描后的回波信号以及获得混频后的较强输出电信号。文中叙述了通过尽量减少光路中光所经过的光学元、器件, 以减小功率损失; 精心选择探测器, 以保证尽量均匀的量子效率; 通过本振光和信号光的良好匹配, 以保证较高的混频效率等途径得到了解决。

整个系统的光路全部利用国产元、器件自行设计并建立起来的。

二、成像载噪比

相干激光成像系统的接收孔径接收到的光功率为^[4]

$$P_R = \frac{P_r}{R^2 \Omega_r} (\rho G A) \left(\frac{A_c}{R^2 \Omega_R} \right) T^2, \quad (1)$$

式中 P_r 为发射功率, ρ 为目标反射率, A_c 为接收机有效接收孔径面积, Ω_r 为发射波束立体角, Ω_R 为目标散射波束立体角, A 为照射面积, G 是目标增益, T 为单向传播路径的透过率,

R 是目标与接收机之间的距离。当接收机有效孔径截获一个目标散射束宽时, (1) 式变为

$$P_R = \frac{P_r \rho G A T^2}{R^2 \Omega_r} \quad (2)$$

考虑到探测系统的探测器量子效率 η 和外差探测效率 g , 则主要由散射噪声限制的外差系统的载噪比为^[5](设 $\Omega_r = 1$)

$$CNR = \frac{\eta P_R g}{h\nu B} = \frac{\eta P_r}{R^2 h\nu B} (\rho G A) T^2 g, \quad (3)$$

式中 B 为探测器的响应带宽。

三、实验及其结果

轮廓成像(强度像)是根据不同目标或同一目标不同部分的反射(散射)信号, 将接收到的这种回波信号加以计算机处理得到的关于目标的反射(散射)强度象。图 1 是成象的实验方框图。

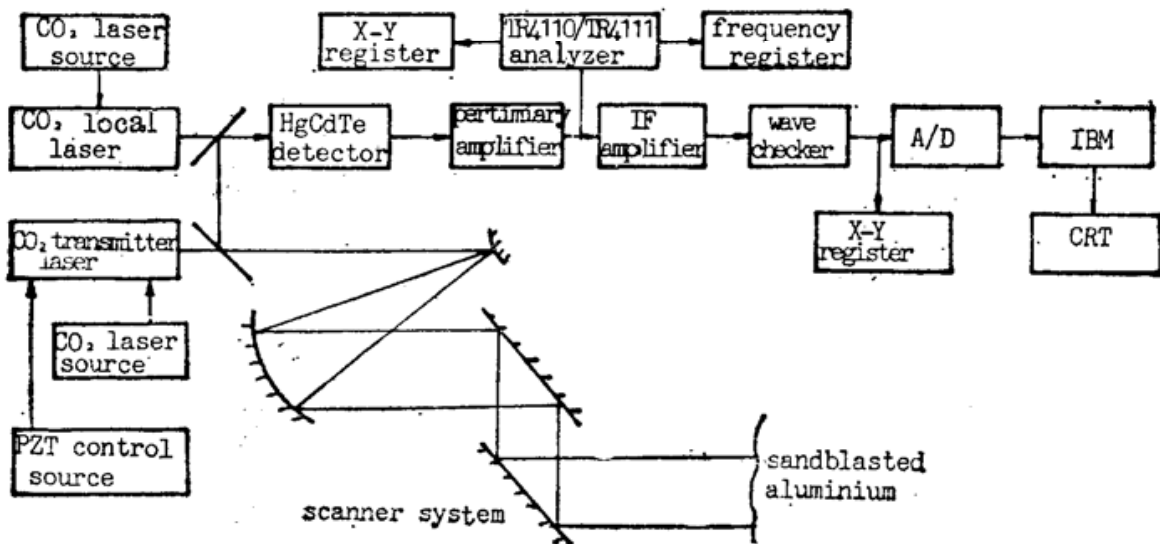


Fig. 1 Experimental diagram of target character studies in coherent laser radar

发射激光经扩束后, 由二维光机扫描器对视场进行扫描。扫描激光束扫到目标后, 其反射(散射)信号的一部分由原光路返回, 由收发合置的望远镜式天线系统接收, 在探测器上与本振光混频得到差频信号。此信号由前置放大器放大, 然后分两路输出进行两种形式的信号处理。一路进入频谱仪直接观察信号频谱, 此信号可由 X-Y 记录仪记录下来; 另一路经由中频放大器放大后由 A/D 接口输入计算机进行存盘、处理及成像。图 2 是对方形喷砂铝板进行扫描而得到的方波信号曲线, 图 3 和图 4 分别是对方形和三角形喷砂铝板扫描所形成的轮廓像。该彩色轮廓图像, 采用对应于目标的不同反射(散射)的不同幅度电信号用不同的彩色码表示。并且选定差频信号在一定的幅度范围内对应一种彩色码, 共选定 16 种彩色码。

在照片的边缘排列着 16 种不同颜色的小区域, 每一种颜色小区即表示一定的信号幅度范围。图像中的相应颜色小区即表示与边缘排列的选定的颜色小区相应的信号幅度范围。

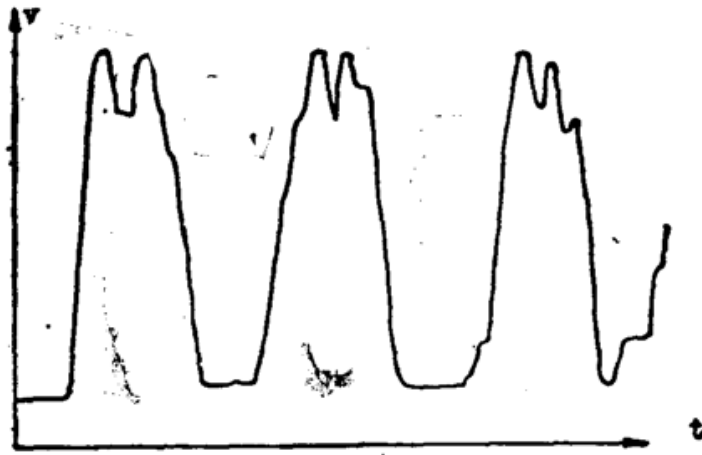


Fig. 2 The signal curve of square sandblasted aluminium
(Fig. 3 and Fig. 4 See inset No. 19 and No. 20)

这种情况下,颜色种类越多,则每个颜色小区表示的对应的信号幅度范围越小,表明成像的灵敏度越高,即越能真实地反映出目标本身不同部分的反射(散射)情况。图像中,横向是某一维扫描,纵向是另一维扫描,纵向层数表明横向扫描的次数。所以,图3和图4(请见彩色插页 No. 19~20 图)所表示的是二维彩色图像。

四、实验结果的分析

在本实验中,选取参量为 $B=100\text{ MHz}$, $\eta=0.4$, $G=0.6/\pi(\text{Sr})$, $A=0.4\times 0.4\text{ mm}^2$, $T=0.3$, $g=0.7$,按(3)式计算并用 dB 表示时,有

$$CNR=96+10\lg P_r-20\lg R。 \quad (4)$$

实际实验结果低于(4)式所得到的结果,其主要原因是:

首先,通常情况下外差探测效率 g 的实际值低于理论值(0.7)。这是由于一方面返回信号的爱里斑分布没有完全覆盖探测器的光敏面,另一方面是本振光和信号光没有实现良好的匹配。

其次,目标对入射的激光在反射(散射)过程中出现偏振损失。

最后是光学系统的孔径、大气传输及前放等电路系统的噪声等均有一定的影响。

另外,图像中表示边缘部分的反射率比中间部分差。其主要原因是扫描光斑落到喷砂铝板的边缘时,入射角度的改变导致散射信号光束沿原来方向返回部分的能量下降造成。关于这一点也可由图2所示的曲线看出。

五、结 论

(1) 通过本实验研究,说明技术路线是可行的。CO₂ 相干激光轮廓像的研究成功为进一步研究速度、距离像提供了可供参考的技术和经验。

(2) 通过轮廓像的研究对了解漫射目标的反射(散射)特性比其他方法的测量更直观,不仅能直接观察到目标各个部分的反射特性,而且迅速掌握目标的形状,更有利于实现图像跟踪。说明,激光相干探测的图像化是实现激光相干探测智能化的重要内容之一。

(3) 实验研究的成果表明, 依靠国产元、器件完全可以进行相干激光成像技术的研究。

参 考 文 献

- [1] E. R. Washwell *et al.*; *Proc. SPIE*, 1983, Vol. 415, 13.
- [2] E. R. Washwell; *Proc. SPIE*, 1985, Vol. 572, 133.
- [3] J. E. Nettleton *et al.*; *Proc. SPIE*, 1989, Vol. 1181, 274.
- [4] O. G. Lehr; *Laser Application*, 1974, Vol. 2, 76.
- [5] R. O. Hardesty; *Proc. SPIE*, 1979, Vol. 180, 56.

Study of CO₂ coherent laser reflectivity imaging

NAN JINGDA, JIAO JIE AND PI MINGJIA

(*Department of Applied Physics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006*)

(Received 20 December 1990; revised 4 March 1991)

Abstract

In this paper we describe the study and design a set of experimental system of CO₂ coherent laser imaging. And the coherent laser reflectivity imaging of colour is successfully realized with this systems.

Key words: coherent laser imaging, reflectivity imaging.