

# 连续波 CO<sub>2</sub> 相干激光成像研究

樊立明\* 南京达 贾列娟\* 皮名嘉  
(哈尔滨工业大学 应用物理系, 哈尔滨 150006)

## 提 要

本文描述一台演示性连续波 CO<sub>2</sub> 相干激光成像系统, 报道了单、双点源目标的相干成像实验结果, 并对影响成像质量的一些因素进行了讨论。该系统稍加改进即可用于速度与三维距离成像。

关键词: 相干探测, 相干激光成像。

## 一、引 言

1966年 Teich 等人对 10.6 μm 波段的外差现象进行了研究<sup>[1]</sup>, 由于相干激光成像技术在军事、大气环境监测、空中交通管制等方面表现出很大的应用潜力, 人们对相干激光成像技术进行了详细的研究, 研制出各种演示性的相干激光成像系统<sup>[2, 3]</sup>。

激光雷达是激光技术与雷达技术相结合的产物。由于激光波长较微波波长高几个数量级, 激光雷达在测量精度、分辨率和抗干扰性方面都是微波雷达无法比拟的。相干激光成像雷达是一种主动式的探测系统, 与被动式的探测系统——热成像仪相比, 相干激光成像可以同时给出目标的速度、距离(三维距离)和轮廓图像, 而后者仅仅给出目标的热辐射温差图像。成像激光雷达有直接接收和相干接收之分, 理论和实践证明: 激光相干接收技术有更高的灵敏度, 可以获取更加丰富的目标信息<sup>[4]</sup>。

图 1 为相干激光雷达的原理示意图。发射激光经光学天线发射, 通过大气传输后与目标相互作用, 被目标散射的光波将携带目标的特征信息(如速度、表面反射率等等), 接收系统对来自目标的光波进行处理后就可以获得目标的动静态信息, 诸如速度、距离、方位等。

本文描述一台演示性连续波 CO<sub>2</sub> 激光相干成像雷达系统, 讨论了一些影响成像质量的因素, 给出部分实验结果。

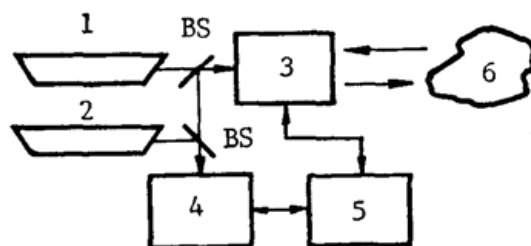


Fig. 1 Block diagram of coherent laser radar

- 1. transmitting laser; 2. local oscillator;
- 3. transmitting-receiving optical antenna;
- 4. receiving system; 5. processing and controlling system; BS. beam splitter

## 二、实验系统

图 2 为实验设计的连续波 CO<sub>2</sub> 激光相干成像系统装置示意图。本振光与发射光为固定谱线 10P(20) 的 CO<sub>2</sub> 激光器, 其功率分别为 1 W、2 W; 本振激光器 PZT 调谐腔长, 使两台激光器频率差  $\omega_{if}$  为 30 MHz。两台激光器均为 TEM<sub>00</sub> 模输出, 采用被动稳频技术稳定激光器输出。光混频在单元 HgCdTe 探测器上实现, 探测器的频率响应范围为 20 MHz~200 MHz。HgCdTe 探测器的输出信号经放大、检波后可直接送入计算机记录、处理及显示, 也可用 X-Y 记录仪记录后进行分析。

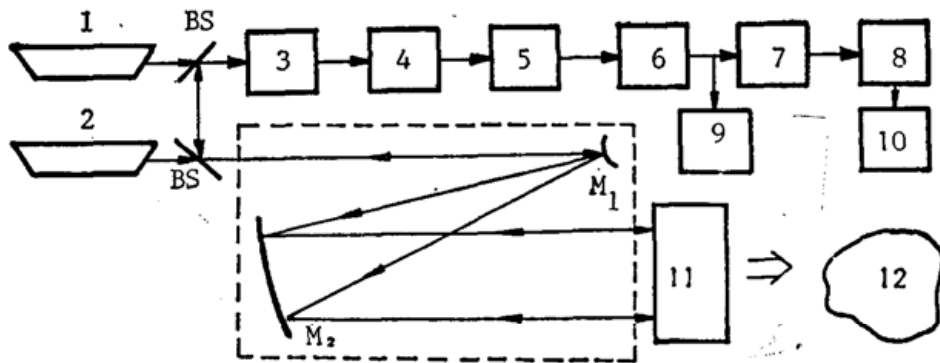


Fig. 2 Schematic diagram of the experimental arrangement

1, 2. CO<sub>2</sub> laser [10.6 μm, 10P(20)]; 3. HgCdTe detector; 4. pre-amplifier; 5. linear amplifier; 6. diode detector; 7. A/D face; 8. STM personal computer; 9. X-Y recorder; 10. image monitor; 11. laser scanning system; 12. target; M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>. reflector; BS. beam splitter

扩束望远镜采用改进的反射式卡塞格伦扩束望远镜系统<sup>[5]</sup>(如图 2 虚线方框中所示), 扩束比约 10:1, 出射光斑约为  $\phi 20$ , 扩束镜镀金膜。望远镜系统的动态视场很小, 难以满足实际需要。利用激光扫描系统扩大动态视场, 对目标空间进行扫描、采样, 获得目标的信息图像。扫描仪为机械转镜扫描, 其动态视场达  $360^\circ \times \pm 7.5^\circ$ 。

## 三、实验结果及分析

图 3 是无目标时对系统校准的测量结果。激光扫描系统与光学系统光轴的相对位置不同时, 将产生不同的电信号, 当扫描镜面处于光轴之上, 如图 3(a)所示, 无目标时探测系统有四个周期性的脉冲信号, 如图 3(b)所示, 四个信号分别对应于扫描镜的四个侧面的反(散)射信号, 当扫描镜偏离光轴时, 如图 3(c)所示, 消除了两个侧面的散射光信号, 其结果如图 3(d)所示。说明扫描镜面处在光轴的情况下, 增加了两个噪声信号, 对识别目标及数据处理极为不利, 故采用图 3(c)所示的扫描镜偏离光轴的位置, 脉冲信号 A 可作为一个扫描镜位置的参考信号, 信号 B 可对扫描镜背面处理后予以消除, 或者采用双面镜扫描而将 A、B 合并。

在  $\pm 10^\circ \times \pm 7.5^\circ$  视场内, 实验对单点源目标和双点源目标进行了成像研究, 其结果如



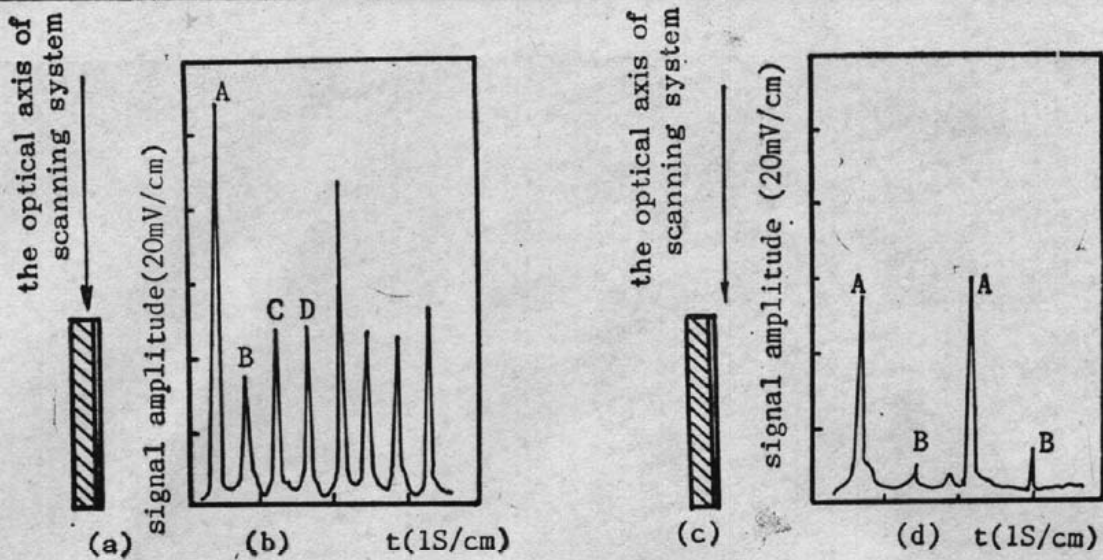
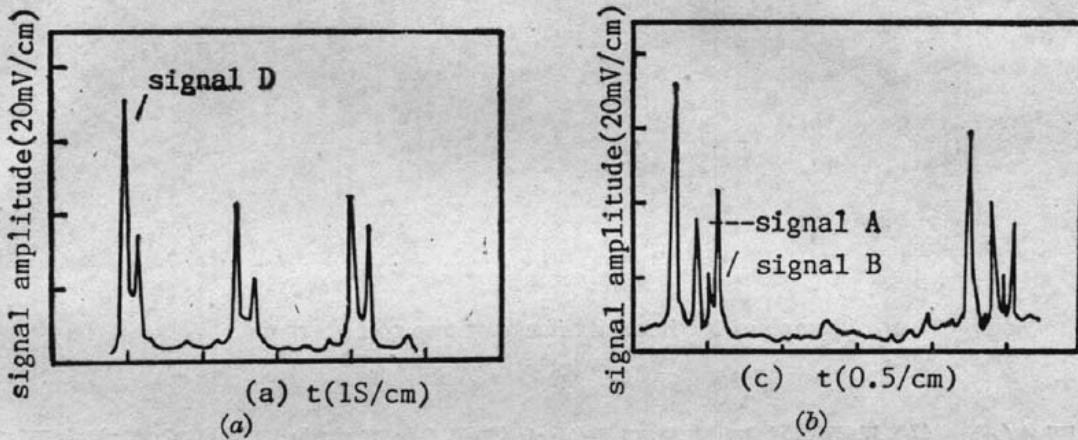
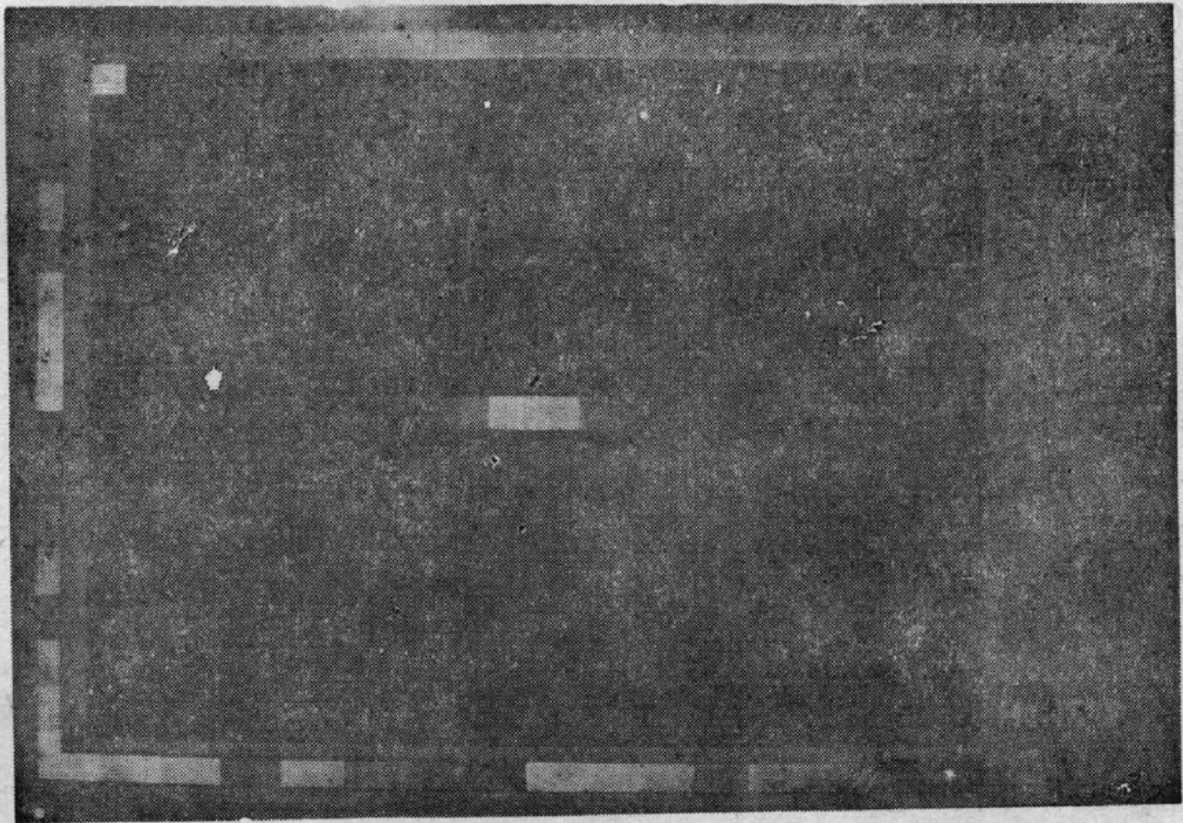


Fig. 3 Output of HgCdTe detector with scanning system adjustment (no target)



Electrical signals recorded by X-Y recorder

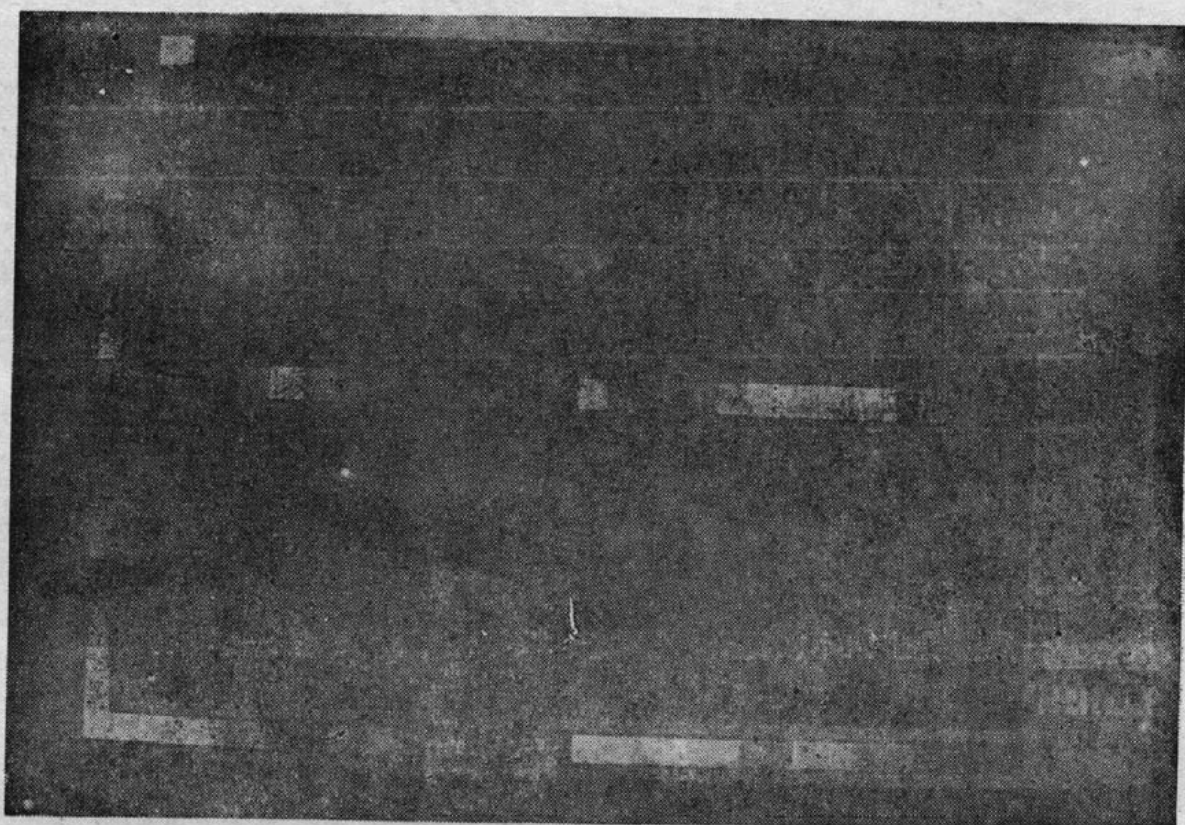


(a')

Photograph of the intensity image of one point target

Fig. 4(1)





(b')

Photograph of the intensif image of two point target

Fig. 4(2)

图4所示。图4(a)、(b)是X-Y记录仪记录的电信号(水平方向扫描、垂直方向不动);图4(a')、(b')是计算机处理后得到的目标反(散)射光信号的强度图像。目标为 $\phi 100$ 的平面镜和球面镜,放置在距离扫描镜中心点2m处。图像显示16个色彩层次(STM微机),左上角亮点为像元大小,左边自上而下16种色彩所对应的强度相对值依次为15、14、...、1、0,上面色标由左向右依次减小。

图4(a)中,紧靠参考信号D的是平面镜回波信号,图4(a')为相应目标的图像照片。在图4(b)中,信号A与B分别是平面镜和球面镜的回波信号,中间小脉冲为稍远处一个小镜子的回波信号,三者相邻夹角约为 $5^\circ$ 。

在图4(a)、(b)中,所记录的信号宽度远大于实际的电信号脉宽,这是由于记录仪与扫描速度难以匹配的缘故。在图4(b)中,信号B较信号A为宽,信号B对应于一个凹面镜,相对于平面镜有较大的接收视场。由图4(a)、(b)可知:信号幅度随时间无规律变化;对目标的统计特性研究表明:对于镜式目标,其分布为Ricean分布。另外,激光器输出的不稳定性使信号有所变化。为消除随机效应的影响,信息处理中已对信号进行了统计处理。

#### 四、结 论

实验结果与设计相符。由于扫描速度的限制,目前成像速度为0.5 frame/min,进一步提高扫描速度,则可达到10 frame/min。作者正在研制高精度、高速度的激光扫描仪,以提高成像速度与空间分辨率。信息处理的结果给出了单、双点源目标的轮廓像,对系统稍加改



进后,即可用于速度和三维距离成像。

作者对戴永江副教授、李义美高级工程师的帮助表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] M. C. Teich *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1966, **9**, No. 10 (Nov), 357~360.
- [2] A. B. Welch, B. Burzlaff *et al.*; *Proc. SPIE*, 1981, Vol. 300, 153~162.
- [3] E. R. Washwell *et al.*; *Proc. SPIE*, Vol. 415, 39.
- [4] P. A. Forrester, K. F. Hulme; *Opt. & Quantum Electron.*, 1981, **13**, No. 4 (Jul), 259~293.
- [5] K. Gullberg, A. Widen; AD-a146670.

## Study of coherent CW-CO<sub>2</sub> laser imaging

FAN LIMING, NAN JINGDA, JIA LIEJUAN AND PI MINGJIA

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

(Received 15 May 1990 revised 20 June 1990)

### Abstract

A coherent CW-CO<sub>2</sub> laser imaging system is described, experimental results of one and two point targets are reported and some factors affecting the image quality discussed. With some improvements, the system can be used in velocity and 3-D range imaging.

**Key words:** coherent detection, coherent laser imaging.