

CO₂ 激光外差接收的实时强度成像

孙东松 南京达 戴永江 皮名嘉
(哈尔滨工业大学应用物理系, 哈尔滨 150006)

提 要

利用国内的元器件建立了声光调制 CO₂ 激光外差接收系统, 并进行了实验室内静止目标的实时强度成像, 成像距离 3 m, 成像视场 7°×5°, 像素 128×98, 4 个颜色梯度显示像强度.

关键词 外差接收, 激光雷达, 激光成像.

1 引 言

相干 CO₂ 激光雷达在六十年代末兴起, 并在七十年代经历了漫长和稳定的发展阶段, 到七十年代末和八十年代初, 人们开始了相干红外激光雷达系统的研究. 基础研究表明, CO₂ 激光相干雷达在许多应用中(例如: 近距离目标探测、识别和跟踪和回避干扰或大气风场测量等)有很大优点. 目前已经出现的 CO₂ 激光相干雷达系统有二十余部, 使用目的各异, 其中部分系统已经用于成像雷达, 例如: 美国 MIT 林肯实验室配制的移动式战术激光雷达^[1]; 英国 RSRE 和 REA 研制的真实空速激光雷达系统^[2]; 美国 NOAA 传播实验室研制的大气风场测量相干 CO₂ 激光雷达^[3].

但是, 在我国这种类似的相干激光雷达系统仍未出现, 相干激光雷达研究还处于基础研究阶段, 实时相干激光成像研究才刚刚起步. 本文作为激光雷达系统的基础研究和相干激光实时成像的可行性研究, 建立了 CO₂ 激光外差探测的实验室系统并进行了实验室内静止目标的实时强度成像, 该成像采用实时信号处理和显示方式.

2 基本原理

考虑在外差接收结构中, 如果信号光和本振光束相互平行、重合、偏振方向相同, 且垂直入射到光电探测器表面, 则探测器的输出信号为

$$\langle i_{IF} \rangle = 2\beta(P_S P_L)^{1/2} \cos \omega_{IF} t \quad (1)$$

式中 P_S, P_L 分别为输入的信号光和本振光功率, β 是与量子效率有关的系数. 于是探测器输出信号的均方值为

$$\langle i_{IF}^2 \rangle = 2\beta^2 P_S P_L \quad (2)$$

因为本振信号功率是确定的, 所以上式的输出信号反应了接收

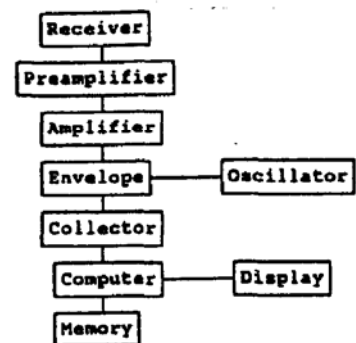


Fig. 1 The configure of signal processing for the intensity image

信号功率的变化. 当在信号处理中采用图 1 的结构时, 即接收机接收的中频信号在经过放大后通过检波器提取信号的幅度(强度)信息, 然后由数据采集器和计算机进行强度分级并显示彩色伪码图形. 由于接收信号的强度变化反应了目标表面反射的强弱, 所以由计算机显示的彩色图形就是目标的强度像.

3 成像实验

本实验采用的基本光路如图 2. 一台双端输出光栅选支的 $P(20)$ 支 CO_2 激光器, 其中一端输出功率为 4 W, 经过一个分束片(BS)和光学天线, 作为发射光束照射到目标上; 另一端输出功率为 300 mW, 经过一个声光调制器(AOM)移频后作为本振光束照射到探测器. 在返回光束和信号光束进入光伏 HgCdTe 探测器之前, 用一个焦距为 100 mm 的透镜进行聚焦, 以减轻对匹配的要求. 在发射光路中, 作为天线的两个耦合透镜的焦距分别为 50 mm 和 150 mm, 天线的扫描器由一个旋转六面体(水平)+摆动平面镜(垂直)构成, 每个旋转面位置均可由一个光电触发信号给出其行扫位置, 而摆动镜同样给出垂直扫描的位置信号, 通过这两个位置就可以决定光束在视场的位置. 由于实验室内距离 较近, 目标回波信号较强, 所以在接收光路中没有采用波片和布儒斯特分束片. 发射天线孔径为 $\phi 40$ mm, 扫描视场 $7^\circ \times 5^\circ$, 像素 128×98 点, 四个彩色梯度显示实时强度像, 目标距离约 3 m. 整个光学系统放置于一个 $675 \times 885 \text{ mm}^2$ 的平台上, 由于扫描系统和计算机数据采集的速率限制, 成像速率只有 17 frame/s.

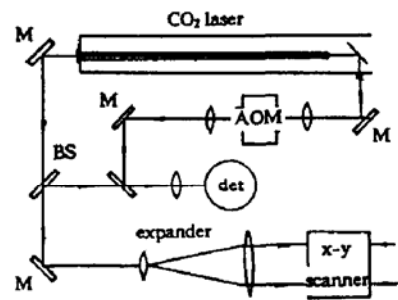


Fig. 2 The experimental configure of the heterodyne intensity imaging

利用上面的系统, 对一个方形目标进行了外差成像. 首先, 将目标置于探测器前方约 3 m 远, 调节光路使目标处于扫描视场内. 利用频谱仪或示波器等监视仪器, 将外差光路调节好, 然后启动计算机和数据采集板对信号强度进行取样. 成像结果见照片(图 3), 右边缘由下到上的四种颜色是四个彩色梯度, 它反映了相对信号强弱. 由于垂直方向的扫描是从下端开始, 所以照片中的图像是目标的倒立像. 在像的上端(即实际物体的下方), 存在杂乱的像点是光具底座, 和底座连接的细园杆在图像中很不明显, 因为园柱形的杆反射了大部分的光. 另外, 将一个普通铝板放在视场中, 同时只进行一维(水平)扫描, 如果目标是理想的反射体, 则应得到一条均匀分布的强度带(因为始终扫一个水平位置), 但如果不是理想的反射体, 则会出现散斑现象(如图 4), 可以发现所得到的像是一条强度带, 但是在其中出现了一些斑纹, 这与 Shapiro 的理论是一致的^[4].

4 结 论

利用所建立的 CO_2 激光外差实验系统, 对室内固定目标进行了实时强度成像, 并用四彩色伪码显示相对强度图像, 同时, 观察了目标散斑图形. 由于扫描系统速度限制和数据处理速度的限制, 所得到的成像速率不是很高, 在对这些参数改进后, 会提高系统性能指标.

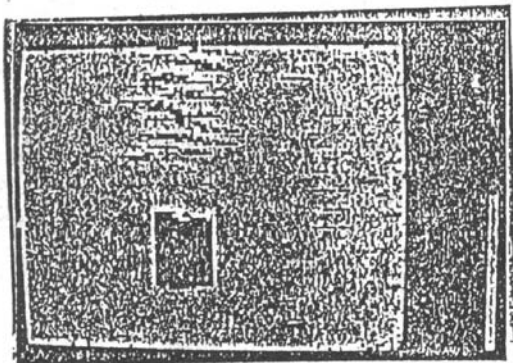


Fig. 3 The intensity image for two dimensions

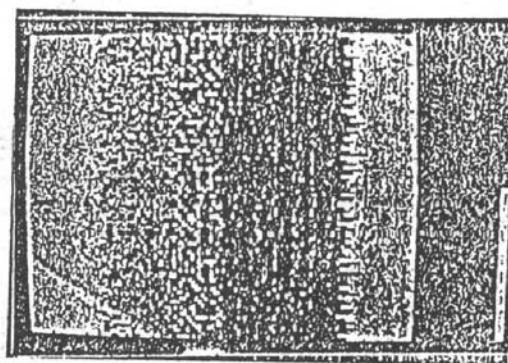


Fig. 4 The intensity image for one dimension

参 考 文 献

- [1] R. C. Harney, R. J. Hull, Compact infrared radar technology, *Proc. SPIE*, 1980, 227 : 162
- [2] J. Cannel, R. Foord, J. M. Vaughan *et al.*, The RSRE/RAE laser true airspeed system (LATAS), *2nd Topical Meeting on Coherent Laser Radar; Technology and Applications*, WA4, Aspen, Colorado, 1983, 1~4
- [3] M. J. Post, R. A. Richter, R. M. Hardesty, T. R. Lawrence *et al.*, Notional Oceanic and Atmospheric Administration's (NOAA) pulsed, coherent, infrared Doppler lidar-characteristics and data, *Proc. SPIE*, 1981, 300 : 60
- [4] J. H. Shapiro, B. A. Capron, R. C. Harney, Imaging and target detection with a heterodyne-reception optical radar, *Appl. Opt.*, 1981, 20(19) : 3292

Real-time intensity imaging for CO₂ laser heterodyne receive

SUN Dongsong NAN Jingda DAI Yongjiang PI Mingjia

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

(Received 13 July 1992; revised 19 October 1992)

Abstract

The real-time intensity imaging of a CO₂ laser heterodyne receiving system with an acousto-optical modulator is made for a static target in the laboratory. The image displayed by pseudocolor of four color grades is the pix of 128×98, and the field of view is 7°×5°.

Key words heterodyne receive, laser radar, laser image.