

文章编号 : 0258-702X(2001)07-0658-03

半导体激光快速扫描雷达成像实验*

成向阳 李 宁 王海虹 尚铁梁 王 骥

(哈尔滨工业大学光电子技术研究所 哈尔滨 150001)

提要 研究了高帧频激光成像雷达的关键技术:快速扫描技术和实时成像显示技术,建立了一个半导体激光快速成像演示系统,在实验室内获得了 10 帧/s,每帧 32 行的轮廓像,成像质量较高。

关键词 激光二极管,成像雷达,快速成像

中图分类号 TN 958.98 文献标识码 A

Research on the LD Rapid Scanning Imaging Radar

CHENG Xiang-yang LI Ning WANG Hai-hong SHANG Tie-liang WANG Qi

(Institute of Opto-Electronics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Abstract This article brought up a method of inspecting the property of the scanner, and applied the method to optic-mechanic scanner. Scanning functions of M3 galvanometer scanner under the drive of triangle-wave and saw-tooth-wave instruction functions of several frequencies were measured. Under the supporting of this method a two-dimensional rapid-scanning laser system was established.

Key words LD, imaging radar, rapid imaging

1 引 言

激光成像雷达是近年来以至今后一段时期内的一个强劲研究方向。70 年代,用计算机对激光传感器获得的光电信号进行处理,获得了目标的三维图像。80 年代又发展了性能较好的相干激光图像雷达^[1,2]。目前,美国已经完成了 CMAG 计划,把 CO₂ 激光成像雷达技术应用在巡航弹制导系统中。美国以及其他一些国家在直升飞机低空飞行、电线探测、障碍回避等方面做了很多研究^[2]。

半导体激光器由于体积小、重量轻、价格低等优点,在许多研究领域都占有一席之地。1985 年末,美国空军装备测试实验室开展了二极管激光雷达系统的研究,目的是要用于穿甲炸弹的自动瞄准^[3]。Sarpa 公司研究的二极管激光成像雷达系统,可用于直升机避障、地球物理测绘和监视^[4]。

我们研制了一个半导体激光快速成像演示系统,所用光源是中心波长为 650 nm 的可见光半导体激光器,成像速率为 10 帧/s,每帧像素为 32 × 32 准

均匀点阵。

2 系统装置

图 1 为半导体激光成像雷达系统结构示意图,它是一个收发分置激光雷达演示系统,采用脉冲发射、二维扫描、直接接收、计算机实时显示的工作方式。半导体激光器发出的光脉冲经过二维扫描器直接照射目标,经目标反射的回波信号由天线接收到光电倍增管探测器,探测器输出的电信号经过整形与放大电路被送至计算机。

雷达演示系统中,光源是中心波长为 650 nm 的

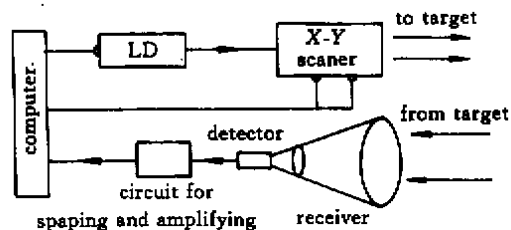


图 1 半导体激光快速成像雷达系统结构简图

Fig.1 Optical schematic of LD rapid imaging radar system

* 哈尔滨工业大学校基金资助课题。

可见光半导体激光器,运行机制为连续、脉冲均可,脉冲平均功率约 10 mW,由外部输入的 TTL 电信号控制其脉冲重复频率以及脉宽。扫描器是检流计式二维振镜扫描器,由外部输入的电信号控制其扫描波形、频率和范围,扫描视场为 $\pm 5^\circ \times \pm 2.5^\circ$ 。接收天线采用伽利略望远镜,物镜直径 150 mm,焦距 200 mm,目镜直径 40 mm,焦距 40 mm。

3 二维快速扫描技术

雷达演示系统采用的是二维振镜扫描成像方式,扫描光束的直径达 20 mm,帧频为每秒 10 帧,每帧像素为 32×32 准均匀点阵,这样就要求行扫描器的扫描频率为 320 Hz(锯齿波)或 160 Hz(三角波、正弦波)。然而,振镜式扫描器要受到机电性能的限制,在做高频锯齿和三角扫描时,扫描器的实际扫描位置与理想位置偏差很大,这对快速扫描成像很不利。我们采用的是通用扫描公司生产的 M3 检流计式振镜扫描器,是当今最先进产品。经过研究发现,该振镜扫描器做线性扫描时,随着频率的上升扫描性能迅速下降,到 320 Hz 已不能正常运行;做正弦波扫描时,随着频率的上升扫描性能下降缓慢,在 320 Hz 时还可以工作。

为了达到本系统的要求,扫描机制采用 160 Hz 正弦波信号控制行扫描器,10 Hz 的 32 台阶的阶梯波信号控制帧扫描器,不等时间间隔的方波序列控制光脉冲发射。通过理论计算和编程由计算机控制输出三路信号,在解决了空间均匀点阵面、时间不均匀激光发射的扫描技术的同时,还解决了行扫描与帧扫描的同步技术和光脉冲与行扫描的同步技术,获得了每秒 10 帧、每帧像素为 32×32 的准均匀扫描点阵。这样就突破了现有的扫描振镜极限振动频率为 40 次的限制,实现了 320 行的均匀空间点阵扫描。图 2 是扫描点阵照片。

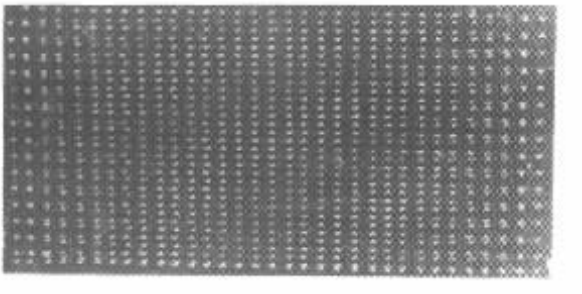


图 2 32×32 快速扫描像素点阵照片

Fig.2 Picture of 32×32 rapid scanning pixel

4 实时成像显示技术

采用计算机对接收到的回波信号作实时处理,并在电脑屏幕上描绘出目标的轮廓像。在实时成像中存在三个主要问题:同步、接收和快速显示。

在系统中我们通过两部分来实现三者之间的同步。首先,采用同一信号发生器的两路模拟信号通道和 8 路数字信号通道生成所有控制信号,计算编程时各路信号加入适当的位相因子,以消除信号延迟不同造成的差异。然后,在扫描点阵的帧首及每行首分别生成帧同步信号与行同步信号,显示时,在每一帧及每一行开始时强行调整屏幕上的显示位置,以实现接收与显示的同步。这样即使出现个别点的丢失也不会影响整幅图像。

由于没有适当的 A/D 转换器,并且考虑到以后测距的要求,决定用计数器来实现信号的接收。把有效的信号放大并限幅,然后通过计数器的一位数字输入端输入计算机,来实现计算机对信号的识别。

为了实现高速显示,在扫描器形成一帧图像时,计数器产生一个信号作为外部中断请求,调用具有显示功能的中断服务程序,在中断服务程序中利用直接写屏技术来实现系统的快速显示。

5 成像实验研究

作用距离和成像质量是评价激光成像雷达性能的两个重要指标。我们目前尚未做外场实验,现有实验全部在室内完成,实验距离远未达到最大作用距离。本雷达系统的光源脉冲平均功率虽然仅为 10 mW,但结构简单,光路元件较少,损耗较少,根据雷达方程估算,其作用距离可达 150 m,距离分辨率为 6 m。另外,本系统中光束经扫描后形成的准均匀点阵直接照射目标,减少了成像过程中引起图像失真的因素。

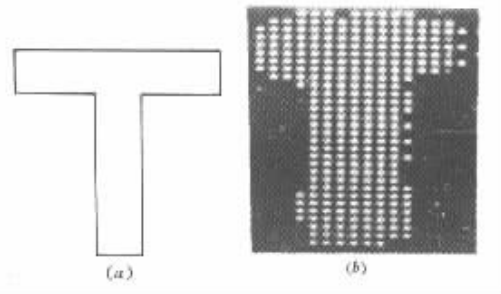


图 3 目标图片(a)及扫描成像雷达所成强度像(b)

Fig.3 Picture of the target(a) and LD laser radar image of the target(b)

目前,在实验室内进行了成像实验,由计算机实时显示。漫反射目标置于距雷达系统 10 m 处,获得了模拟目标强度像。目标是包装用的白色泡沫裁剪成的英文大写字母“T”,见图 3(a),图 3(b)是从计算机上拍摄到的图像。可见,雷达成像质量较好。

6 结 论

半导体激光器激光雷达的特点是测距和三维成像能力强,本文研制的半导体激光扫描成像雷达演示装置,实现了 10 帧/s,每帧 32 行的快速扫描成像,作用距离可达 150 m,并且成像质量较好,可用

于低空飞行器下视地形匹配等。

参 考 文 献

- 1 Xiong Huifeng. Laser Radar. Space Navigation Publication Company, 1994, Chap7. 285 (in Chinese)
- 2 Jian Li. Applications of Laser on Military. The first fascicule, Machine and Electricity Ministry Weapon Technology Intelligence Institute. 77 ~ 87 (in Chinese)
- 3 R. L. Gustavson, T. E. Davis. Diode laser radar for low-cost weapon guidance. *SPIE*, 1992, **1633**:21 ~ 32
- 4 R. F. Dillon, D. P. De Gloria, F. M. Pagliughi *et al.*. Low-cost laser radar imaging experiments. *SPIE*, 1992, **1633**:274 ~ 280

“第三届光博会”和“光电产业论坛”将在深圳市举行

中国国际光电博览会是我国最大规模的国家级光电行业博览会。第三届博览会将于 2001 年 8 月 30 日至 9 月 4 日举办。本届博览会由中国外经贸部批准,中国电子学会、中国光学学会和深圳市贸易发展局组织,是本年度光电行业的一大盛事,将有来自美国、日本、德国、中国港澳台地区和中国大陆 350 家企业及我国各大院校、科研机构前来进行技术与贸易洽谈。同期将举行“21 世纪中国光电产业论坛”,主要内容有:1) 中国工程院院士报告团的专

家作学术报告;2) 由国家有关部、委办领导论述光电产业的发展政策;3) 由国内外著名企业家作光电企业发展的论述以及对未来发展的探讨。论坛将于 2001 年 9 月 1 日在深圳高交会展览中心会议厅举行。欢迎各界参加。

联系地址:深圳市福田区香梅北路宏浩花园 A-302 室(邮编 518034)

电 话 0755-3536031

传 真 0755-3636011