

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0645-03

激光雷达的二元接收方法研究

田兆硕 成向阳 王春晖 李自勤 尚铁良 王 骥

(哈尔滨工业大学可调谐激光技术国家重点实验室, 哈尔滨 150001)

摘要 理论上研究一种双光束扫描、双光束接收的方法,使两束激光对同一空域的上半部、下半部同时扫描,在接收端再把它们分开。当成像距离一定时,像元素与帧频数的乘积可提高一倍;而当像元素与帧频数的乘积一定时,非模糊的成像距离则提高一倍。因此采用二元接收方式可以提高成像激光雷达的性能。实验上研究了两束方向垂直的偏振激光经过目标反射后的回波信号接收。

关键词 激光雷达, 二元接收, 双光束扫描

中图分类号 TN958.98 **文献标识码** A

Study on Method of Detecting Two Beams for Laser Radar

TIAN Zhao-shuo CHENG Xiang-yang WANG Chun-hui LI Zi-qing
SHANG Tie-liang WANG Qi

(National Key Laboratory of Tunable Laser Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Abstract In this paper, a method of scanning and receiving two beams is theoretically studied. Two laser beams scanning respectively in the top half and the bottom half of the same frame, then separated at the two receivers. With the same imaging distance, the product of pixel and frame frequency can increase by two times; With the same product of pixel and frame frequency, the imaging distance without fuzziness can increase by two times. Therefore detecting two laser beams can increase the imaging performance for laser radar. Receiving the echo signal of two vertical polarized laser beams from the target is experimentally studied.

Key words laser radar, detecting two beams, scanning with two beams

1 引言

目前的扫描激光雷达大多采用单光束扫描方式,要提高成像速率必须增加激光雷达扫描器的扫描速率和激光器的脉冲重复频率^[1~3]。增加扫描器的扫描速率受到扫描器最高扫描速率的限制,并且在扫描速率太高时会产生扫描失真。而要提高激光器的重复频率,一方面会减小激光雷达探测的最大非模糊距离,另一方面会增加激光器的复杂性,给制造相应的激光器带来困难。

本文探索一种双光束扫描,双光束接收的方法,使两束激光对同一空域的上半部、下半部同时扫描,在接收端再把它们分开,分别进行信号处理,这样在现有的成熟技术条件下,成像速率可以加倍。

采用了双路接收技术以后,主要的优点有:

1) 加快激光雷达成像速度,因为采用双光束同时扫描和接收,成像速率可以加快一倍。

2) 在采用了双路接收技术以后,在成像速率相同的情况下,扫描镜的扫描速率比采用单光束扫描的情况降低一倍,降低了对扫描镜扫描速率的要求。

3) 降低对激光器重复频率的要求。在采用单光束扫描的情况下,要加快激光雷达的成像速率,必须加快激光器的重复频率,但是采用了二元接收技术以后,就可以在不提高激光器重复频率的情况下提高激光雷达的成像速率。

4) 激光雷达的最大非模糊距离加远。在采用单光束扫描时,要提高成像速率必须提高激光脉冲的重复频率,但在高重复频率下又会产生另一个问题,即最大非模糊距离减小,因此提高成像速率与加远探测距离是一对矛盾。但是采用了双光束扫描和双路接收技术可以缓解这一矛盾,在较低的激光脉冲重复频率下就可以实现较高的成像速率。

2 理论分析

成像激光雷达系统一般采用单元探测器,每次只探测一个像素。扫描光学系统(扫描器)将发射脉冲指向目标,回波强度反映目标的反射率特性。扫描器按照一定的扫描图样将光束指向目标上的不同位置,这样,就可以通过接收系统得到目标的强度图像和距离图像。

单脉冲激光器激光雷达的最大非模糊距离与激光重复频率的关系如下:

$$S = \frac{c}{2F} \quad (1)$$

式中, S 为最大非模糊距离, c 为光束, F 为脉冲激光的重复频率。

激光器的重复频率与成像帧频及扫描的点阵的关系如下:

$$F = KMN \quad (2)$$

式中 K 为成像帧频, M 为扫描像素的列数, N 为扫描像素的行数。

可以得出目标的距离 R 与成像的像元素 M 和帧频数 N 的关系为:

$$2RMN = c \quad (3)$$

可见像元素、帧频数与成像距离三者的乘积为常数。当成像距离一定时,成像激光雷达存在着高成像速率和高分辨率(高像素数)的矛盾,即不可能使成像分辨率达到很高的同时,还使成像速率也达到很高。如果像元素与帧频数一定,则非模糊的最大距离间隔受到限制。

为了解决像元素、帧频数与成像距离的矛盾,我们把脉冲激光分为偏振方向垂直的两束光,以一定的夹角同时发射,打到目标的不同位置。回波信号采用偏振分束片分束,由两支探测器分别接收不同偏振方向的回波信号,我们称之为二元接收,则(1)式变为:

$$RMC = c \quad (4)$$

可见当成像距离一定时,像元素与帧频数的乘积可提高一倍;而当像元素与帧频数的乘积一定时,非模糊的成像距离则提高一倍。因此采用二元接收方式可以提高成像激光雷达的性能。

3 实验结果及讨论

实验装置如图 1 所示,图中 A 为反射率和透射率都是 50% 的半反射镜; B 为反射为 99% 的全反射镜; C 为锗布儒斯特窗, D 为 1/2 波片,可以将 P 方

向的偏振光变成 S 方向的偏振光; E_1 和 E_2 为两个液氮冷却快速响应的 HgCdTe 探测器;采用的激光器是电光调 Q 射频激励波导 CO_2 激光器^[4-6],调 Q 脉冲重复频率 1 Hz~10 kHz 可调,输出线偏振光,平均功率 3 W,峰值功率 150 W;目标是一块长方形的白色泡沫塑料,面积约 0.5 m^2 ;示波器采用 TDS3032 型,最高响应频率 300 MHz。

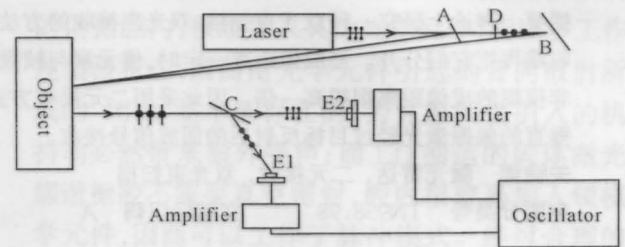


图 1 实验装置图

Fig. 1 Configuration of experiment

激光器发出 P 方向线偏振光,到达半反射镜 A ,反射的一束射向目标,透射的一束经过 1/2 波片 D 变成 S 偏振方向的偏振光,再由全反射镜 B 反射而射向目标,这样就是两束偏振方向垂直的激光束同时照射目标。

接收端接收到的目标回波信号两种偏振方向的分量都有,用布儒斯特窗将两种偏振方向的光分开,分别用探测器 E_1 和 E_2 接收,都送到示波器,示波器将显示出两路光各自的反射波形。

调节反射镜 A 、 B 使反射光在同一水平高度,且都照射在目标上,调节布儒斯特窗 C 和探测器 E_1 、 E_2 ,在示波器上得到两路反射回波的波形,如图 2 所示。为了验证两种反射光被布儒斯特窗分开并都到达了探测器。可以在发射端用挡板挡住 P 偏振方向射向目标的一束偏振光,而只有 S 偏振方向的激光射向目标,则示波器上只观察到一路回波信号,如图 3 所示。用挡板挡住 S 方向的一束偏振

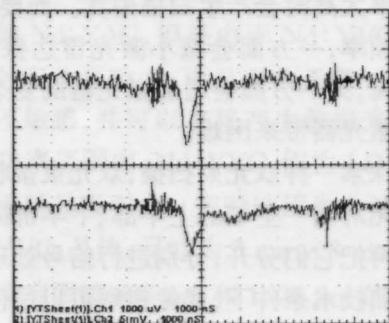


图 2 二个探测器接收的信号

Fig. 2 The received signals from two detectors

光,观察到的情况如图 4 所示,同图 3 中的正好相反,说明经过布儒斯特窗进行偏振分束是可行的。

实验证明在发射端发射出偏振方向垂直的两束线偏振光时经过目标反射后,在接收端可用布儒斯

特窗装置将它们完全分开来并分别进行信号处理,可见偏振方向垂直的双光束发射采用二元接收的方法是可行的。目前,我们正进一步实验,加装扫描系统以实现分空域扫描及图像接收。

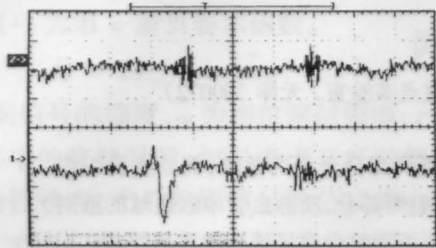


图 3 S 方向的偏振光回波信号

Fig.3 Received signal for S polarized laser

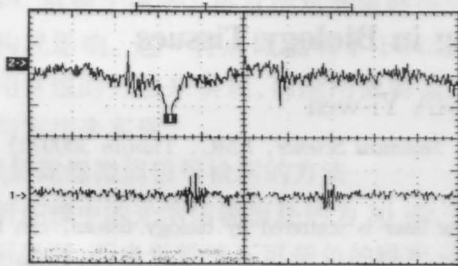


图 4 P 方向的偏振光回波信号

Fig.4 Received signal for P polarized laser

参 考 文 献

- 1 R. A. Brandewie, W. C. Davis. Parametric study of a 10.6- μm laser radar. *Appl. Opt.*, 1972, **11**(7):1526~1533
- 2 H. Ahlberg, S. Lqnqvist. Imaging Q-switched CO₂ laser radar with hetrodyne detection: Design and evaluation. *Appl. Opt.*, 1986, **25**(17):2891~2892
- 3 Xiong Huifeng. *Laser Radar*. Beijing: Space Navigation Publication, 1994 (in Chinese)
- 4 Wang Qi, Tian Zhaoshuo, Wang Yusan. Tunable electrooptically Q-switched RF excited CO₂ waveguide laser with two channels. *Infrared Physics and Technology*, 2000, **41**(6):349~352
- 5 Tian Zhaoshuo, Wang Yusan, Liu Fengmei et al.. The measurement of electrode parameters of RF waveguide lasers. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1999, **A26**(2):135~140(in Chinese)
- 6 Tian Zhaoshuo, Wang Qi, Wang Yusan. Study on electrooptically Q-switched RF excited CO₂ waveguide laser with tunable output. *Chinese J. Laser* (中国激光), 2001, **A28**(6):505~508 (in Chinese)

3 实用型低相度... 信号处理的设计

傅里叶变换

滤波

傅里叶反变换

式(1)已给出开环... 信号处理

式(2)

式(3)

其... 信号处理... 傅里叶变换... 滤波... 傅里叶反变换... 式(1)已给出开环... 信号处理... 式(2)... 式(3)