

声光调制器在激光测距模拟系统中的应用

李娟, 杨志文

(长春理工大学, 吉林 长春 130022)

摘要:为了不受外界限制,方便对火控系统中激光测距机的主要性能进行定量或定性的检验和测量,需研制一套严格的可靠性试验系统。在激光测距可靠性模拟系统中,关键的延迟器组件已得到了较好的解决。本文将简要介绍其中声光器件的结构、工作原理及其延迟装置在激光测距模拟系统中的应用。

关键词:激光测距模拟;声光调制器;布拉格衍射

中图分类号:P225.2

文献标识码:A

Use of Acousto-optic Modulator for Simulated System of Reliability of Laser Range Finder

LI Juan, YANG Zhi-wen

(Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China)

Abstract: To free from outside restrictions convenience to the fire control system for laser range finder in the major quantitative or qualitative performance of the test and measurement, needs to develop a simulated system of reliability of laser range finder. In the simulated system of reliability of laser range finder, the essential delay module technology obtains solution. This article introduced the structure and principle of work acousto-optic, and applied delay device in the simulated system of reliability of laser range finder.

Key words: laser ranging simulation; acousto-optic modulator; Bragg diffraction

1 引言

近20多年随着声光技术的发展,将声与光巧妙结合的声光调制器及其延迟组件在激光测距模拟系统中得到成功的应用。它具有体积小、质量轻、驱动功率低、衍射效率高、时间带宽积大、易与计算机兼容等优点。^[1]本文介绍了声光调制器在激光测距模拟系统中的应用。

2 声光调制器的结构与工作原理

2.1 声光调制器结构

声光效应是利用超声波使物质折射率周期性变化的光栅,使通过它的光发生衍射的现象。声光调制是利用声光效应将信息加载于光频载波上的一种物理过程,调制信号是以电信号(调幅)的形式作用于电声换能器上,当光波通过声光介质时,光载波受到调制而成“携带”信息的调制波。

如图1(a)所示,声光调制器是由声光介质、电声换能器、吸声装置及驱动源组成^[2]。驱动源用以产生调制电信号施加于电声换能器的两端电极上,

驱动电声换能器将电功率转换成声功率。吸声器用以吸收已通过介质的声波,为使超声场呈驻波状态,吸声装置应换成反射型装置。如图1(b)所示,当超声波频率较高,且声光介质较厚时,入射光以布拉格角 θ_B 入射时,只出现零级和一级布拉格衍射。布拉格型声光调制器是利用布拉格衍射效应工作的一种调制器。

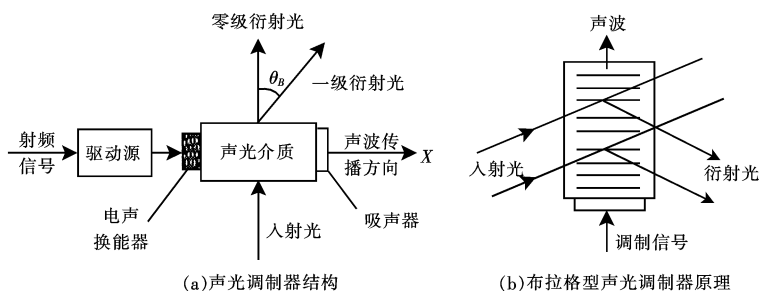


图1 声光调制器

作者简介:李娟(1982-),女,硕士研究生,研究方向为现代光学技术与工程应用。Email:beibeilee2003@yahoo.com.cn

收稿日期:2007-11-26

2.2 声光调制器的工作原理

驱动源将射频信号输入到电声换能器,将其转换成超声信号并沿 x 方向在声光介质中传播形成超声光栅。声光介质折射率与位置 x 、时间 t 的关系为^[3]:

$$n(x, t) = n_0 + \Delta n \sin^2(\Omega_s t - k_s x) \quad (1)$$

式中, n_0 为无声波时折射率; Δn 为折射率变化的最大值; Ω_s 为声波的角频率; k_s 为声波的传播常数。

布拉格衍射效率 $\eta_1 = I_1/I_T = \sin^2(\Delta\Phi/2)$ (I_1 为一级衍射强度; I_T 为通过声光介质后的总光强) 与附加相位延迟因子 $\Delta\Phi = (2\pi/\lambda)\Delta nL$ 有关。声功率较小时, 衍射效率随声强度单调增加, 要得到 100% 的调制所需要的声强度 I_s 为^[4]:

$$I_s = \frac{\lambda^2 \cos^2 \theta_B}{2M_2 L^2} \quad (2)$$

式中, θ_B 为布拉格衍射角; L 为声与光互作用长度; M_2 为声光品质因素; λ 为光在介质中的波长。

所需相应的声功率为:

$$P_s = HLI_s = \frac{\lambda^2 \cos^2 \theta_B}{2M_2} \left(\frac{H}{L} \right) \quad (3)$$

式中, H 为声光互作用宽(高)度。通过上式可知, 声光材料的品质因数 M_2 越大, 欲获得 100% 的衍射效率所需要的声功率越小。电声换能器的截面应做得适当长(L 大)而窄(H 小), 作用长度 L 的增大会导致调制带宽的减小。令 $\delta\Phi = \lambda s/2L$, 则调制带宽 Δf 可写成:

$$\Delta f = \frac{2nv_s \lambda_s}{\lambda L} \cos \theta_B \quad (4)$$

式中, v_s 为超声波波速; f 为超声波频率。

3 激光测距模拟系统延迟装置及主要技术指标

3.1 延迟装置

延迟装置的实验框图如图 2 所示^[5], 本装置要求的最大模拟距离为 20km, 所用延迟装置由固定延迟和可调延迟两部分组成。前者由延迟 $50\mu\text{s}$ 整数倍($n=1, 2$)的光学延迟线构成, 信号通过后被延迟 $50\mu\text{s}$ 的整数倍后输出, 再进入下一级连续可调延迟系统。可调延迟部分的主要器件是声光调制器, 它

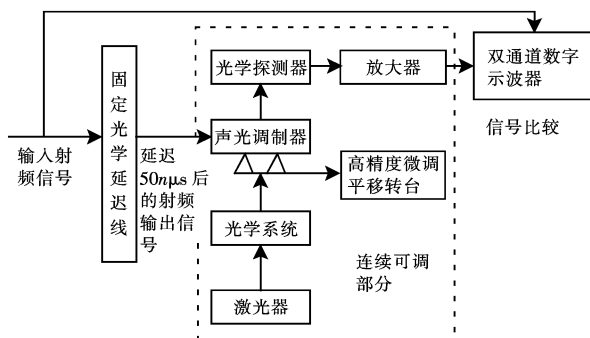


图2 延迟装置的试验框图

将延迟 $50\mu\text{s}$ 整数倍后的电信号转化成声波后在声光晶体中传播, 该声波在介质中以速度 v 传播, 激光束在距离电声换能器 d 处入射, 则输出信号比原信号延迟的时间为 $\tau = d/v$ 。

声光调制器借助高精密微调移动平台改变入射点位置, 从而得到连续变化的延迟信号。由于我们选用的移动平台的平移精度约为 $2.5\mu\text{m}$, 因此延迟重复精度为 5ns , 可调延迟部分最大可模拟 7.5km 的距离。

3.2 主要技术指标

- (1) 工作频率 L 波段;
- (2) 延迟时间 固定延迟 $50n\mu\text{s}$ ($n=1, 2$)
可调延迟范围 $50\mu\text{s}$;
- (3) 带宽 10MHz ;
- (4) 延迟重复精度 $<5\text{ns}$;
- (5) 杂散抑制度 -60dB 。

以上指标是采用声光晶体 TeO_2 得到的。信号延迟变化如图 3^[6] 所示, 图下方的连续输入信号是 6M 的正弦波, 上方对应的是延迟输入信号, 每两幅图之间的延迟时间为 5ns 。

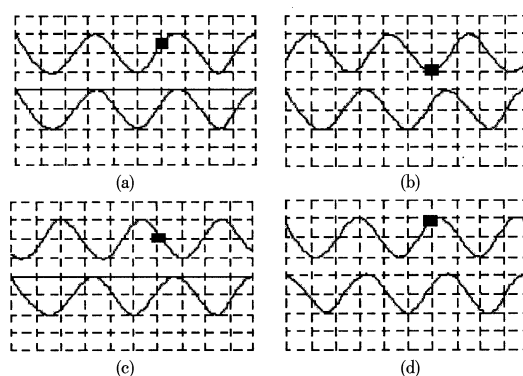


图3 信号的延迟变化

4 结束语

激光测距模拟系统是火控系统可靠性试验的重要组成部分, 用于火控系统中激光测距模拟。该系统利用声光调制精密延迟装置模拟激光脉冲飞行时间来达到精确模拟距离的目的。试验表明该系统的模拟指标可满足要求。

参考文献:

- [1] 陈文友. 声光技术的发展动态及其在军事上的应用[J]. 压电与声光, 2000, 16(2): 21-28.
- [2] 徐介平. 声光器件的原理、设计及应用[M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- [3] 雷肇康. 物理光学导论[M]. 北京: 电子科技大学出版社, 1993.
- [4] 张伟. 声光器件参数测量系统研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2005, 4.
- [5] 张颖, 等. 用于雷达信号处理的连续可调声光延迟线[J]. 现代雷达, 2001, (6): 97-100.
- [6] 蒋跃, 等. 声光技术在雷达动目标模拟中的应用[J]. 光学技术, 2001, (2): 159-161.