

文章编号: 1001-3806(2012)05-0642-03

激光告警装置背景光干扰消除方法及实现

李世伟^{1,2} 张记龙^{2,3} 郝 建^{1,2} 周 瑞^{1,2} 王艳超^{1,2}

(1. 中北大学 信息与通信工程学院, 太原 030051; 2. 中北大学 山西省光电信息与仪器工程技术研究中心, 太原 030051;
3. 中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 太原 030051)

摘要: 为了有效抑制周围环境背景光对光谱型非成像类脉冲激光告警器的干扰, 在采取滤光、滤波、比较器阈值限制等方式进行背景光噪声消除后, 针对近距离、大能量的背景闪光干扰情况, 根据背景闪光与脉冲激光在时间长度上的相异性, 采用高速可编程逻辑器件对告警器的入射光时间进行了计时并判断, 对背景闪光干扰进行了消除。经过实际测试, 应用该方法后, 告警装置 12h 内由太阳光引起的虚警次数为 0, 采用多种方式模拟近距离、大能量背景闪光干扰, 告警装置均无虚警情况出现。结果表明, 该方案可为由背景光引起的激光告警装置虚警问题的解决提供较好的实例和实验方案, 其时长判断方法仅通过一片复杂可编程逻辑器件即可实现, 硬件电路集成度高、程序编写简单, 具有较好的应用价值。

关键词: 光电子学; 光电对抗; 激光告警; 背景光干扰; 复杂可编程逻辑器件

中图分类号: TN247

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1001-3806.2012.05.017

Elimination of the interference of bias light for laser warning systems

LI Shi-wei^{1,2}, ZHANG Ji-long^{2,3}, HAO Jian^{1,2}, ZHOU Rui^{1,2}, WANG Yan-chao^{1,2}

(1. School of Information and Communication Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China; 2. Opto-Electronic Information and Instrument Engineering Technology Research Center of Shanxi Province, North University of China, Taiyuan 030051, China; 3. Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement of Ministry of Education, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: In order to effectively restrain the interference of bias light from the surrounding environment for the spectral non-imaging pulse laser alarm device, after eliminating the bias light noise through light filtering, circuit filtering, comparator's threshold restrictions, aiming at the existence of huge energy background flash interference, according to the difference of the time length between background flash and pulse laser, calculating the incident light time of the alarm device based on complex programmable logic device and doing a judgment, the background flash interference can be eliminated. During the actual test, the false-alarm number of the alarm device caused by sunlight was 0 in 12h, and no false alarm happened in various simulating close and huge energy background flash interference situation. The result shows that the project can provide a good example and experimental scheme for resolving the false alarm problem caused by bias light of a laser warning device, the circuit hardware is highly integrated for judging time with only one complex programmable logic device chip, its program is short, and the method has good application value.

Key words: optoelectronics; photo-electronic warfare; laser warning; interference of bias light; complex programmable logic device

引言

随着激光测距、激光制导等技术在军事上的广泛应用, 现代军事对光电对抗技术提出了更高的要求, 为

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60572019; 61127015); 山西省科技基础条件平台建设资助项目(2010091013)

作者简介: 李世伟(1980-), 男, 讲师, 主要从事光电信息技术、遥感方面的研究。

E-mail: lishiwei@nuc.edu.cn

收稿日期: 2011-12-05; 收到修改稿日期: 2012-02-13

了探测来袭激光信号, 激光告警装置受到了越来越多的重视, 并被大量研发。激光告警装置的使用使得战斗单体或战斗群的光电对抗能力大大增强^[1]。在激光告警装置中, 光谱型非成像类告警装置由于其原理简单、技术成熟、成本低廉, 已经被成功应用在多种平台^[2-3]。通常, 光谱型非成像类脉冲激光告警器要求有较大的视场范围、较高的灵敏度, 并且能对波长为 0.85 μm, 1.06 μm 和 1.54 μm 的窄脉冲激光进行告警^[2]。很多情况下, 告警装置需要工作在存在背景光干扰的环境中, 背景光干扰源主要为太阳光、闪电以及告警装置所在平台进行火力攻击产生的背景闪光。由

于周围环境背景光光谱包含告警装置告警波长范围，尤其是背景闪光能量较强或作用距离较近时，导致在告警装置告警波长范围内的光功率超过告警装置灵敏度，极易引起虚警。因此必须采取有效措施抑制背景光干扰，减少告警装置虚警情况的发生，将由此引起不良后果的可能性降到最低。

1 消除周围环境背景光干扰的方法与分析

告警装置需要在标准大气条件下对5km处、发射功率1MW、发散角2mrad、波长在0.80μm~1.6μm范围内的入射脉冲激光信号(脉宽10ns)具备探测能力，告警装置探测功率密度下限为10mW/cm²。根据要求对周围环境背景光干扰源及消除方法进行如下分析。

1.1 太阳光干扰^[4-6]

太阳光信号光谱范围较宽，且包含告警范围，但由于大气窗口的作用以及传输过程中的衰减，并经告警装置中滤光片滤光和探测器带宽响应限制的双重抑制后，在标准大气条件下，告警装置告警波长范围内的光功率密度不足1mW/cm²，远小于告警装置的探测功率下限要求，因此，可以通过设置告警装置的探测功率下限阈值予以抑制；另外，太阳光为缓变信号，与脉冲宽度为10ns、中心频率为33MHz的激光脉冲信号相比具有明显差异，因此，可在光电探测转换后，再通过电路滤波的方式将太阳光带来的背景光干扰进一步消除。

1.2 闪电、火力攻击产生的背景闪光

闪电、火力攻击产生的背景闪光，光谱范围较宽，与告警装置的告警光谱范围重叠，信号变化频率情况复杂，信号能量强，其在告警波长范围产生的光功率密度极易超过告警装置的探测功率密度下限引起虚警（如图1所示），因此，仅采用滤光、电路滤波、比较器阈值限制的方法无法将背景闪光引起的干扰有效滤除，必须采取另外的方法，从不同角度对此类背景光与需要告警的脉冲激光进行对比，找出解决办法^[7-8]。

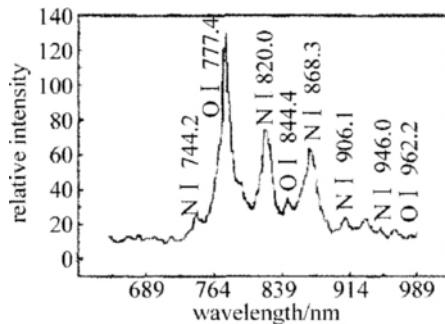


Fig. 1 Spectrum of lighting

基于以上分析，对告警装置进行了如下设计，采用具有一定带宽的滤光片进行背景光滤除，在0.80μm~

1.6μm波长范围内，所选滤光片的透过率在85%以上，范围之外透过率低于10%。入射光在经过滤光处理后，进入光电转换电路，设计中采用响应时间仅为1.5ns的InGaAs光电探测器（响应波长范围0.8μm~1.6μm）进行光电转换，以保证系统对脉冲激光的响应能力。光电探测器的输出信号进入信号处理电路，首先对信号进行高通滤波处理，以消除太阳光等缓变背景光信号的影响，而后采用两级放大电路（放大倍数为20）对信号进行放大。考虑到放大电路的输出信号夹杂背景光噪声和电噪声，使用比较器阈值限定方式对信号进一步区分^[9]。在标准大气条件下，经过滤光、滤波、放大的后的噪声信号经测试不足100mV，而5km处入射脉冲激光（功率1MW，发散角2mrad）对应的放大电路输出信号达到800mV，因此，将比较器的阈值电压设定为700mV，达到彻底消除缓变背景光干扰的目的。

对于背景闪光干扰，通过时间长度判别方法对其进行消除。入射脉冲激光为纳秒级，而周围环境强背景光通常为微秒级甚至毫秒级，入射光对应的比较器输出信号存在时间（设该时间为T，单位为s）为光电探测器积分延时时间和信号处理电路对输入电信号的延迟时间之和，因此，可判知脉冲激光信号和背景闪光信号在告警装置信号路上的延迟时间不在一个级别，通过实验得到两者在时间长度方面存在明显的差别（如图2、图3所示），其中，图2为脉冲激光对应的比较器输出响应，示波器响应宽度为4μs，图3为背景闪光（以照相机闪光灯为例）对应的比较器输出响应，示波器显示的响应时间宽度为10μs。

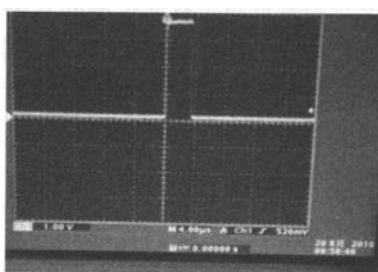


Fig. 2 Time duration of laser pulse

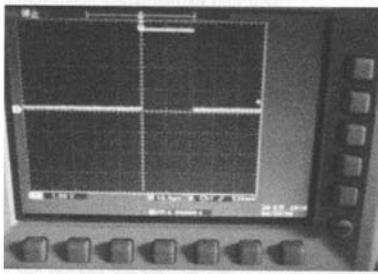


Fig. 3 Time duration of background flash

根据两者所对应电信号的时长差异，采用具备纳秒级信号处理能力的可编程逻辑控制器件（complex programmable logic device，CPLD）对告警装置的

入射光信号进行计时,器件晶振为频率24MHz,即1个时钟周期为42ns,且计时程序误差不超过1个时钟周期,较之入射光对应的微秒级响应信号,足以满足采集要求。通过编程记录信号处理电路中比较器输出的信号保持时间,以脉冲激光对应保持时间($4\mu s$)作为判断依据,考虑程序处理带来的误差并经过多次测试,将 $6\mu s$ 作为判断条件,当信号保持时间大于 $6\mu s$ 时,判断入射光为背景光干扰信号,不将其作为告警信息传送至告警显示环节,反之判断入射光为脉冲激光信号进行告警。由于告警装置要求显示入射光的方向信息,显示装置中需通过单片机与CPLD进行串口通信以获得方位判断条件信息,并运行方位判断程序进行方位识别,因此需要一定时间,故当CPLD判断输入信号为真实信号后,可编程逻辑器件通过程序在其引脚输出信号且保持 $20\mu s$,以保证有足够的信息获得入射激光方向信息。CPLD工作流程如图4所示,其中T为CPLD输入信号保持时间,即比较器输出信号存在时间。

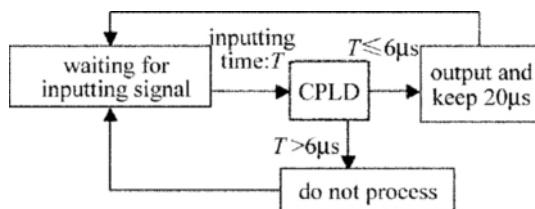


Fig. 4 Working process

2 告警装置虚警率测试结果

为了验证告警装置对干扰光抑制的效果,寻找了比较容易实现的实验方法,选择原则为:(1)光谱范围与告警装置有重叠;(2)可实现告警装置的近距离放置。

实验方法和结果如表1所示。

Table 1 Test method and result

experiment conditions	experiment method	result
open air, sunny, breeze	spot welding for 10 times	no warning
indoor	light and extinguished magnesium ribbon for 10 times	no warning
open air, sunny, breeze	double explosion firework	no warning
open air, sunny, breeze	firecracker distance: 0.5m	no warning
open air, sunny, breeze	firecracker distance: 2m	no warning
indoor	flash unit	no warning

告警装置的实物图片如图5所示。

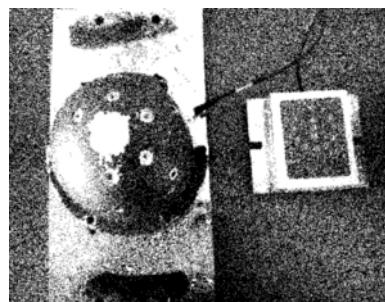


Fig. 5 Photo of actual device

3 结论

采用滤光、滤波、限制比较器阈值等方式,并利用背景光和脉冲激光的时长特点和两者在告警装置上的响应时长差异,结合CPLD的高速处理能力,通过计时判断信号的真实性,对可能存在的背景光干扰进行消除,并通过多种方法模拟背景光干扰进行测试,得到了较好的实验结果,为解决背景光带来的激光告警装置虚警问题提供了较好的解决方法和实验方案。通过将告警装置安置于距炮管出口大约3m的攻击平台顶部后实地测试,由炮火光引起的虚警次数为0。

参考文献

- [1] ZHAO T, LIU M, WANG L. Device and the development of the laser warning technology [J]. Ship Electronic Engineering, 2009, 29(2): 27-29 (in Chinese).
- [2] DAVIS M A, KERSEY A D. Application of a fiber Fourier transform spectrometer to the detection of wavelength-encoded signals from Bragg grating sensors [J]. Journal of Lightwave Technology, 1995, 1(7): 1289-1295.
- [3] TUTTLE R. Large aircraft infrared countermeasures system [J]. Aerospace Daily & Defense Report 2004, 210(7): 6-7.
- [4] WU X Y, CHEN Y J, ZHANG H D, et al. Large field laser detection and warning technology [J]. Opto-Electronic Engineering, 2004, 31(7): 5-7 (in Chinese).
- [5] LI Sh W, ZHANG J L, WANG Zh B, et al. Detecting and warning system about laser attacking direction [J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2010(6): 1-4 (in Chinese).
- [6] WANG Zh B, ZHANG J L. Spectrum analysis of pulsed laser and sky light [J]. Journal of Test and Measurement Technology 2006, 20(1): 14-18 (in Chinese).
- [7] HE W G, WU J, WANG Sh F. Design of laser detection and warning optical system [J]. Opto-Electronic Engineering, 2006, 33(7): 48-51 (in Chinese).
- [8] LU Y. Status quo, key technology and development of laser warning system [J]. Modern Defence Technology, 2009, 37(3): 89-93 (in Chinese).
- [9] ZHANG J L, WANG M, TIAN E M, et al. Analysis and experimental verification of sensitivity and SNR of laser warning receiver [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis 2009, 29(1): 20-23 (in Chinese).