

文章编号:1001-5078(2001)05-0298-03

具有自动增益控制的零盲距半导体激光测距仪

余向东,张在宣,汪 伟,郭 宁,陈永良,吴晓彪

(中国计量学院光电子技术研究所,浙江 杭州 310034)

摘 要:文中从分析近距反射光强与距离之间关系入手,提出了一种自动增益控制电路。该自动增益控制电路可根据反射信号幅度大小自动调节光电放大器的增益,使光电放大器输出的信号幅度稳定在一定范围内,从而降低了近距离因光电放大器输出信号幅度变化过大,甚至饱和和失真而引起的测距误差,提高了近距测量精度,大大降低了近距盲距。

关键词:测距仪;激光;自动增益控制

中图分类号:P225.2 **文献标识码:**B

A Pulse Type Semiconductor Laser Range Finder with Automatic Gain Control Technology

YU Xiang-dong, ZHANG Zai-xuan, WANG Wei, GUO Ning, CHENG Yong-liang, WU Xiao-biao

(Institute of Optoelectronics Technology, China Institute of Metrology, Hangzhou 310034, China)

Abstract: An automatic gain control circuit is designed after analyzing the relationship between reflecting optical intensity and distance in this paper. The automatic gain control circuit can automatically control the gain of the photoelectric amplifier by detecting amplitude of the reflecting signal. Such that the output signal amplitude of photoelectric amplifier can be controlled in a constant range, then the measure tolerance caused by variable signal amplitude and signal saturation distortion in short distance can be deduced. Finally, the range finder acquires higher precision, and the blind zone can be eliminated.

Key words: range finder; laser; automatic gain control.

1 引言

半导体激光测距仪具有体积小、重量轻、成本低、速度快等优点,在测绘、军事、航运、体育运动等领域具有广泛的应用。在参考文献[1]中曾介绍了一种15m—1km的脉冲式激光测距仪,在该仪器中,由于近距离反射激光脉冲信号幅度变化过大,使接收光电放大器输出的信号幅度相应变化过大,甚至出现饱和失真,再加上激光发射的干扰,使得近距离测量的精度很差。本文在参考文献[1]基础上对脉冲式激光测距仪光学系统作了进一步的研究,在理论上分析近距离激光反射信号强度和距离的关系,并在实验上进一步加以证实。为了提高近距离的测量精度,本文提出了一种自动增益控制电路,该控制电路可根据反射信号的情况来调节光电接收器的增益以

消除近距离的信号饱和,并将光电接收器输出的信号脉冲幅度控制在一定范围内,从而减少了因信号脉冲幅度变化过大而引进的近距测量误差,使测距仪大大减少了近距盲距,从而扩大了测量范围。

2 系统工作原理

系统原理框图如图1所示。单片机发出100Hz左右的驱动脉冲送给激光驱动器,使其驱动半导体激光器发出同频的窄的光脉冲,同时产生一个电脉冲信号,作为起始信号送给距离—时间转换电路。激光器发出的光脉冲经发射透镜准直,向外发射。接收透镜将被测目标反射回的光信号聚焦,送给雪崩光电

作者简介:余向东(1968—),工程师,中国计量学院光电子技术研究所,主要从事光电子领域的研究。

收稿日期:2001-03-19

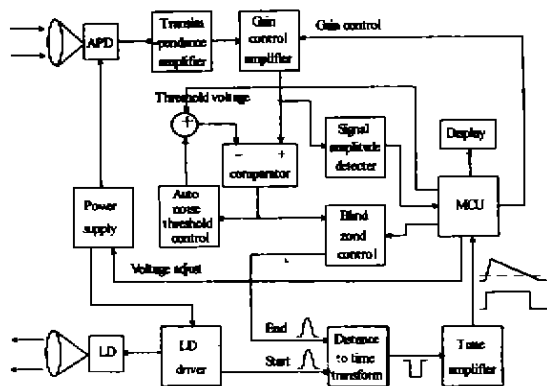


图1 系统原理框图

二极管转换成光电流信号,经跨阻前置放大器、增益可调放大器,将光电流信号转换成电压脉冲信号,经比较器整形,转换成数字逻辑电平信号作为终止信号送给距离-时间转换电路。距离-时间转换电路根据起始、终止信号的间隔时间,产生一个和距离有关的时间脉冲,为了减少晶振计数误差,该时间脉冲经时间放大器放大,送给单片机计数。单片机经计数、校准、数据处理,最后显示和距离一致的数值。在进行近距离测量时,通过预置,在比较器负比较端预置一个较高的电平,使干扰信号和噪声无法通过比较器,而只让有用信号通过。信号饱和判别电路随时监视增益可调放大器输出的信号,一旦发现信号幅度超出预定范围,立即通知单片机,单片机首先将本次测得的时间计数值置为无效,然后调节可调增益放大器的增益,甚至激光驱动器的工作高压值,并接收下一个脉冲信号,直至信号幅度回至预定范围之内,此时单片机将测得的时间计数值置为有效,经处理送给显示器显示。当测量远距离目标时,将预置电平置为较低电平,允许部分噪声通过比较器,并置盲距,以隔离近距处的干扰信号,此时自动噪声电平控制电路将动态调整比较器的比例电平大小,使比较器输出的噪声脉冲平均发生率稳定。单片机根据内置的信号、噪声判别程序,判定测得的数据是信号还是噪声,从而滤去噪声、提取有效信号。

3 发射部分

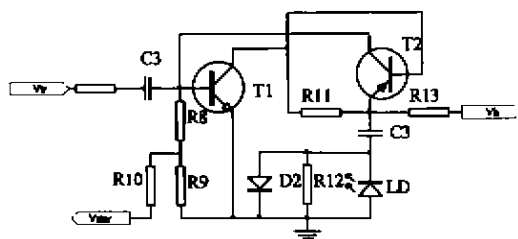


图2 激光驱动电路

发射部分主要由发射光学系统、半导体激光驱动电路组成。图2为激光驱动电路图,其中T1、T2为耐高压快速晶体管,半导体激光器(LD)采用响应速度快、高峰值功率的905nm波段脉冲式半导体激光器。 V_{tr} 为单片机发出的频率为100Hz的激光发射驱动信号。当 V_{tr} 为低电平时,T1、T2截止,高压经R13、C3、D2和R12并联电路向电容C3充电,使C3两端充至80V左右的电压。当 V_{tr} 为高电平时,T1、T2导通,电容C3经T1、T2、激光器放电,此时,激光器在短时间内通过一个峰值电流大约为20A左右的电流脉冲,使其相应发出峰值功率大约为20W的光脉冲。 V_{star} 作为发射时的起始信号送给距离-时间转换电路。T2主要起加速作用,D2、R12并联电路用于抑制激光器的反向脉冲,起保护激光器的作用。

激光器发出的光脉冲上升沿和半脉宽主要由晶体管T1、T2的响应速度、C3电容值大小及放电回路等效电阻、电感决定。脉冲式测距仪的测距精度和光脉冲的上升沿有很大的关系,因此应选用快速的晶体管,电路板的布线应合理,C3的电容值应取值合适,过大会使光脉冲上升沿变大,影响测距精度,过小的取值会影响光脉冲的峰值功率,影响测距范围。当C3取 $0.01\mu\text{F}$ 时,采用图2电路可获得上升时间为12ns、半脉宽为30ns的光脉冲。

4 接收及自动增益控制

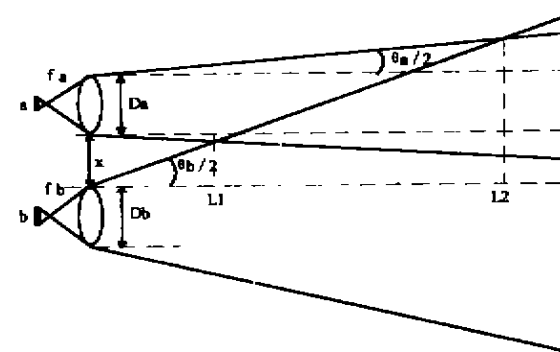


图3 测距仪光学系统示意图

接收部分由光电跨阻前置放大器、增益可调放大器、信号幅度判别电路三部分组成。一般来说,对同一目标物体,漫反射光信号的强度与距离成平方反比关系。但实际上,漫反射信号的强度与距离的关系还与测距仪的光学系统、激光器发光腔体尺寸及APD光敏区域尺寸有关。图3为测距仪光学系统示意图。其中a为激光器发光腔体长度,b为APD光敏区域长度, D_a 、 D_b 分别为发射物镜和接收物镜的直径, θ_a 、 θ_b 分别为发射光学系统和接收系统的发散角, f_a 、 f_b 为发射物镜和接收物镜的焦距,L1为发

射区和接收区临界交点至发射物镜的距离, L_2 为发射区和接收区恰好重合点到发射物镜的距离。上述参数之间的关系可用以下公式表示:

$$\theta_a \approx \frac{a}{f_a} \quad (1)$$

$$\theta_b \approx \frac{b}{f_b} \quad (2)$$

$$L_1 = \frac{x}{\tan\left(\frac{\theta_a}{2}\right) + \tan\left(\frac{\theta_b}{2}\right)} \quad (3)$$

$$L_2 = \frac{x + D_a}{\tan\left(\frac{\theta_b}{2}\right) - \tan\left(\frac{\theta_a}{2}\right)} \quad (4)$$

由图3可知,当测距仪与目标物体的距离大于 L_2 时,由于发射光斑全部落入接收区域,因此测距仪接收到的信号强度与距离为平方反比关系。当测距仪与目标物体的距离小于 L_2 时,由于发射光斑只是部分或没有落入接收区域,因此接收信号强度与距离不成反比关系。图4为实测的对应4种不同目标物体测距仪光电跨阻前置放大器输出的信号幅度与距离关系的曲线图。该实测系统采用 $D_a = D_b = 4\text{cm}$, $f_a = f_b = 8\text{cm}$ 的发射和接收光学系统,发射物镜和接收物镜的距离 x 为 10cm 。由图4可见,第三个波值处对应 L_2 点,其值大约为 10m 左右,第二个波谷对应 L_1 点,其值大约为 3.5m 左右。白板物体由于漫反射率最高,因此大部分数据均为放大器的饱和输出。黑绒布的漫反射率最低,因此反射信号最弱。同一距离处白板的反射信号强度为黑绒布的20倍左右。对于同一目标物体, 10m 处的反射信号强度为 0.1m 处的10倍左右,在 $0.1\text{m} \sim 30\text{m}$ 的测距范围内,最大和最小反射信号幅度之比大约为2000。

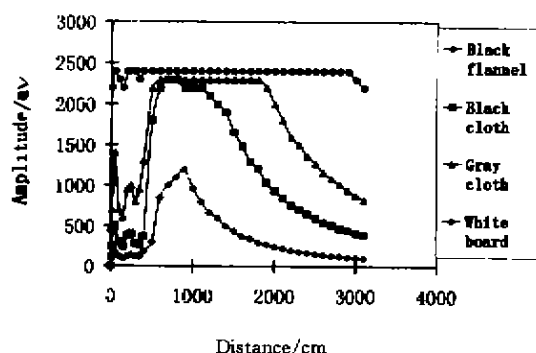


图4 距离与反射信号关系曲线

激光脉冲信号的上升沿是决定脉冲式测距仪测量精度的重要因素,加快脉冲信号的上升沿是提高脉冲式测距精度的重要方法,但上升沿的提高受限于发射部件和接收部件的响应速度。另一种提高测距精度的方法是采用定比常数检测技术(CFD),即

在接收信号脉冲的上升沿定比处使整形比较器翻转。采用 CFD 技术的不足是会使测距范围受限。为了兼顾测距范围和测距精度,本系统采用一种自动增益控制电路使光电放大器输入信号幅度稳定在一定范围内($300\text{mV} \sim 1\text{V}$),以消除反射信号过小和过大(饱和)带来的测距误差。因反射信号幅度在 $0.1 \sim 30\text{m}$ 范围内最大最小之比为2000左右,因此,自动增益控制系统需要大约为700倍的调控能力。

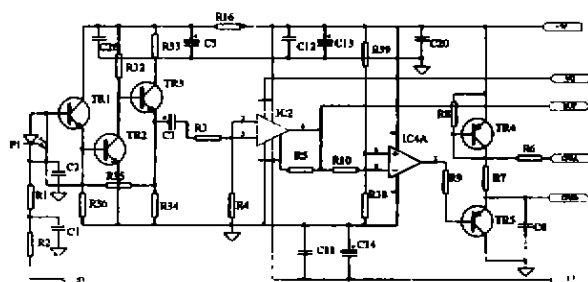


图5 接收及自动增益控制电路

接收部分的电路图如图5所示。APD、晶体管 TR_1 、 TR_2 、 TR_3 及外围电阻电容组成光电跨阻前置放大器,该前置放大器具有 100K 的跨阻、 30MHz 的 3dB 带宽。 TR_1 、 TR_2 、 TR_3 采用低噪声、高 f_t 的晶体管,使跨阻前置放大器具有良好的噪声特性。 IC_2 及外围电阻组成增益可调放大器。 IC_2 采用美国国家半导体公司生产的 CLC5523 集成电路,该集成电路具有 100MHz 的 3dB 带宽及 40dB 的增益调节能力,当 IC_{21} 脚的电压从 $0 \sim 2\text{V}$ 范围内变化时,放大器输出的增益相应从 $0.1 \sim 10$ 倍内变化。 IC_{21} 脚接单片机的 D/A 转换器输出,单片机将根据信号幅度判别电路的输出值输出合适的电压值给 IC_{21} 脚,以控制放大器输出的增益,从而获得合适的信号输出幅度。 IC_4A 、 TR_4 、 TR_5 及外围元件组成信号大小判别电路。电阻 R_{39} 、 R_{38} 组成的分压网络在 IC_4A “+”端设置一个大小合适的电平,使增益可调放大器的噪声和干扰无法通过比较器 IC_4A 。接收部分在接收信号之前, $\text{IC}_{4\text{A}1}$ 脚输出高电平, TR_5 截止。单片机置 CPUA 为低电平,使 TR_4 饱和, 5V 电源经 TR_4CE 极、电阻 R_7 向电容 C_8 充电,使电容 C_8 充至一定的电压值,然后,单片机使 TR_4 截止, C_8 的电压维持不变,信号大小判别电路进入准备状态。接收部分在接收信号时,增益可调放大器的信号脉冲经比较器 IC_4A 输出一个脉宽大小正比于信号幅度的负脉冲,该负脉冲使 TR_5 在一定的时间内导通, C_8 经 TR_5CE 极放电,其放电时间长短由负脉冲的脉宽大

(下转第303页)

辆则作为检测参照车。经红外热像仪观察目标车,车体外形分割明显,外形轮廓难以被识别,也较好地融合在背景之中,具有良好的红外隐身效果。

3.3 可见光伪装性能

将涂料配制不同的颜色,并保持激光与红外复合隐身性能,然后根据背景,对目标进行迷彩涂覆,即可实现可见光伪装。将制成的迷彩靶板放置在树丛中,用微光夜视仪观察,目标靶板基本上被隐身。

曾对涂覆复合隐身涂料的迷彩坦克模型作目视观察和微光夜视仪观察,并与涂覆常规国防绿油漆的坦克模型作比较,目视观察和微光夜视仪观察都具有明显的变形迷彩效果,数据见表3。

表3 坦克模型的发现概率

发现概率 观察类型 \ 目标类型	涂覆常规国防绿油漆的坦克模型	涂覆复合隐身涂料的迷彩坦克模型
目视观察(800m)	0.63	0.16
微光夜视仪观察(500m)	0.79	0.21

3.4 其它物理性能

耐人工老化:用 ATLAS65-RW 通过400h(小时)实验,按 GB1865-80评级情况为变色1级、开裂1级、生锈1级,由此作出估算其自然使用寿命在两年以上。

附着力:1级(按 GB 1720-79评级);颜色:棕、黑、军绿、土黄等(可按 GJB 1082-91的要求任意配

制);厚度:~0.1nm;施工性:良好;施工方式:喷涂或刷涂;涂料用量:5~10m²/kg

4 结束语

激光与红外复合隐身涂料课题的研究具有重要的军事意义,我们只做了一些初步工作,对1.06μm激光和8~14μm波段红外的复合隐身做了一些研究,由于实验条件的限制,对10.6μm激光和3~5μm波段红外的隐身并未考虑进去。另外在研究中我们还发现,采用不同发射率涂料实现8~14μm波段红外隐身,相对来说,达到目标外形红外热图分割比较容易,而要进一步使目标完全融合在背景之中则比较困难,这需要对不同季节、气候的不同背景红外辐射有充分的了解,因此,对于完全意义上的激光与红外复合隐身涂料研究,还有许多工作要做。

参考文献:

- [1] 王自荣,余大斌,於定华,等.红外透明粘合剂研究[A].第九届光电对抗与无源干扰专业委员会学术交流会议论文集[C],北京:1998.198~201.
- [2] 余大斌,王自荣,孙晓泉.改性乙丙橡胶红外透明粘合剂研究[J].红外技术,1999,21(5):40~42,26.
- [3] 王自荣,余大斌,於定华,等.ITO涂料在8~14μm波段红外发射率的研究[J].红外技术,1999,21(1):41~45.
- [4] 王自荣,余大斌,孙晓泉.红外隐身涂料颜料发射率研究[J].上海航天,2000,(1):24~26,39.
- [5] GJB 798-90.伪装涂料漆膜颜色.

(上接第300页)小决定。放大器输出脉冲信号幅度越高,比较器输出的负脉冲脉宽越大,C8放电时间越长,C8的电压值下降越多,反之,C8的电压值下降越少。单片机经 CPUB 脚随时监测 C8两端的电压值,根据 C8两端电压值的变化大小来调节 IC21脚的电压值,从而改变增益可调放大器的增益,使其输出一个符合幅度要求的脉冲信号。由于增益可调放大器只有100倍的调节能力,而整个自动增益控制系统所需的调节能力为700倍左右,为了弥补增益可调放大器调节能力的不足,单片机将根据情况调节激光发射部分的工作高压电源,通过调节激光器工作电压而改变激光器发射的光功率,从而获得另外7倍的调节能力。

自动增益控制的主要目的是为了稳定接收放大器输出的脉冲信号的幅度,而稳定脉冲信号的幅度是为了减少因脉冲信号上升沿引起的测距误差。自动增益控制电路的正常使用测距范围和被测物体的光漫反射率有关,对于漫反射率较低黑色物体,自动增益控制起作用的范围大约为0.1m~50m,对于

漫反射率较高的白色物体,范围可扩大到0.1m~300m。吸收率的变化本质上是改变了同一距离处光电放大器输出的信噪比,因此,降低光电放大器的噪声、减少干扰,将有助于提高自动增益控制起作用的范围。

5 结论

本系统由于采用了自动增益控制技术,使得在近距离的信号脉冲幅度能稳定在一定的范围内,从而降低了因信号变化过大而造成的测距误差,通过整形比较器比较电平的分段设置,可消除近距离激光发射时干扰,从而大大降低了近距盲距,对于中等漫反射率的非合作目标,在0.1m~100m的范围内测距精度可达±25cm,在测量误差范围内基本消除了近距盲距。

参考文献:

- [1] 张在宣,余向东,郭宁,等.小型低价 LD 激光测距仪[J].激光与红外,1999,29(1)21~23.
- [2] 张在宣,郭宁,余向东等.小型低值激光测距仪的优化设计[J].光电子.激光,1999,10(2)132~134.