

文章编号: 1001-3806(2004)03-0286-03

野外高可靠激光训练系统的设计

张小林

(南昌航空工业学院 电子工程系,南昌 330034)

摘要: 光电器件的饱和现象一直是激光训练系统中的技术难题。热释电探测器为交变信号检测器件,根据这一原理,研制了一种新的激光训练系统,完全解决直射光的问题。介绍了系统的组成和工作原理。试验证明,该系统可靠性好、实用价值大。

关键词: 激光;热释电;直射光;模拟训练

中图分类号: T135;T1765.4+3 **文献标识码:** A

Laser training system of high reliability used in field environment

ZHANG Xiao-lin

(Department of Electronic Engineering, Nanchang Institute of Aeronautical Technology, Nanchang 330034, China)

Abstract: Photoelectric saturation is the difficult technical problem in laser simulating system. Pyroelectric detectors depend upon alternating signal, based on which a new kind of laser training system was developed, and the problem of direct light was solved. The structure, basic principle are described. It is proved by experiment that the system is credible and applied.

Key words: laser; pyroelectric; direct light; simulating training

引言

近年来,以激光为核心的光电技术在实战模拟训练中得到了广泛应用。这些系统均以激光器作为信号发射源,信号的接受主要有两类:一是光电二极管、光电三极管、光敏电阻、光电池。这类接受器件的一个共同点是存在饱和现象。在很多情况下,周围环境的背景光已经使光探测器饱和,即使采用调制技术,系统也无法正常工作。为解决这类问题,通常采取的措施是在探测器前面加装以下单元:遮光装置,并将其内表面涂黑以防内壁的光反射;选用接受角度小的探测器;滤色器,如干涉滤光片、吸收型的有色光学玻璃;漫反射器,使到达探测器的光均匀。另一类是 CCD 成像器件以及计算机图像识别技术。这种系统实战效果逼真,但系统复杂,造价昂贵,难以在基层推广。

不同的野外环境,其背景条件相差很大,对第一类系统,即使采取了上面的措施,应用上依然受到限

制,尤其是在太阳光环境中,系统甚至无法使用。原因是所使用的探测器会受环境光的直接作用。针对这一技术缺陷,设计了一种以热释电探测器为基础的激光训练系统,完全克服了环境因素的影响。

1 光电探测原理

热电探测器是利用热电效应工作的。在极化晶体中,晶体自身具有自发极化现象,在晶体相对的两个端面上就会出现束缚电荷的面分布。由于晶体能吸收大气中浮游的自由电荷,端面上的束缚电荷与吸附的自由电荷量相等,故晶体在平衡条件下并不显示出外电场。极化及由此而引起的补偿电荷的数量是温度的函数。若强度变化的光照射到晶体上,晶体的温度将随之变化,于是,自发极化强度也就随之变化,即晶体端面的束缚电荷量也发生相应变化。通过吸收自由电荷来补偿面束缚电荷所需的时间很长(几秒到几小时),而晶体自发极化的弛豫时间很短(约 10^{-12} s),所以,当热电晶体的温度以一定的频率变化,其面束缚电荷也会随着变化。这时,面束缚电荷因来不及被中和,晶体端面上那些没被中和的自由电荷量也将以同一频率做周期性变化。可见,只有交变的光才能对热释电探测器发生作用。

作者简介:张小林(1969-),男,讲师,从事光电技术的研究应用。

E-mail: zxl.cn@163.com

收稿日期:2003-06-12;收到修改稿日期:2003-07-28

热释电晶体相当于一个高阻抗的电容器^[1],热材料属于绝缘体,其直流电阻很高(大于 $10^{10}\Omega$),热电探测器组件的电路见图 1。

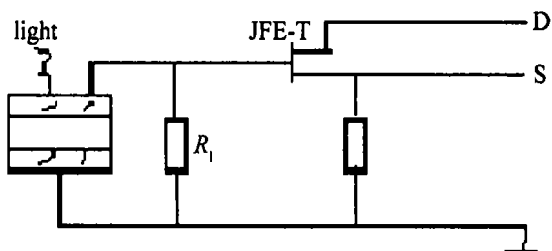


Fig. 1 Principle of pyroelectric

温度变化引起的交变电流可表示为^[2]:

$$i_d = dP/dt = (dP/dT)(dT/dt) = \gamma(dT/dt) \quad (1)$$

式中, P 是晶体的极化量, γ 是材料的热释电系数。所以,加到负载电阻 R_1 上的电压为:

$$V = i_d R_1 = \gamma(dT/dt) R_1 \quad (2)$$

由此可见,热释电探测器的响应,与热释电系数和温度的变化率成正比。热释电探测器前面装有菲涅耳光学透镜,使接受到的光聚焦到探测器上,以提高有效探测距离。

2 系统组成及工作原理

整个训练系统分为接受和发射两个部分。

2.1 激光接受系统的设计

激光接受系统由以下部分构成:探测器,两级放大,双向鉴幅器,触发器,比较器,控制门,两个单稳触发器。原理图见图 2。

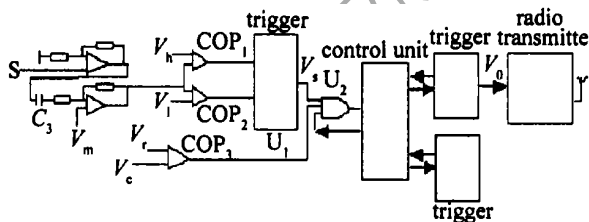


Fig. 2 Control of photoelectric signal

激光脉冲经透镜聚焦到达探测器,探测器接受光脉冲的能量后温度发生变化,转换成相应的电脉冲信号,并由探测器的 S 端输出。第 1 级高增益放大器组成信号预处理电路,对信号进行同相比例放大;然后通过电容 C_3 耦合给第 2 级运放进一步放大,同时,在这一级将信号的直流电平抬高至 $1/2V_{dd}$ 。然后,信号送到由 COP_1 和 COP_2 组成的双向鉴幅器,检出有效信号 V_s 。双向鉴幅器的两个门电压分别设定为 $V_h = 0.7V_d$, $V_l = 0.3V_d$,当电源 $V_{dd} = 5V$ 时,可有效抑制 $\pm 1V$ 的噪声干扰(即 $V_s = 0$),从而提高了系统的可靠性。 U_1 为触发器,当

COP_1 输出高电平时, V_s 变高;当 COP_2 输出高电平时, $V_s = 0$ 。 COP_3 作条件比较器,用来控制与门 U_2 的开启和封锁, V_r 设定为 $0.2V_{dd}$,当 $V_c < V_r$ 时, COP_3 输出为低电平,门 U_2 被封锁,触发信号 V_s 不能通过,当 $V_c > V_r$ 时, COP_3 输出高电平,此时 U_2 被打开,信号 V_s 通过 U_2 后触发单稳态触发器 1,它的输出 V_0 跳变为高电平,并进入单稳状态 T_x 。 V_0 的上升沿启动无线发射模块,发出编码的无线电信号。同时利用 V_0 封锁 U_2 ,以防止来自 V_s 的重复触发。当单稳结束, V_0 跳为低电平,该下跳沿同时启动单稳定时器 2,使系统进入封锁周期 T_1 ,这时控制门 U_2 被封锁,由此可有效抑制激光脉冲发射过程中产生的干扰信号。

2.2 激光发射系统的设计

发射系统由光学系统和电路系统组成,见图 3。

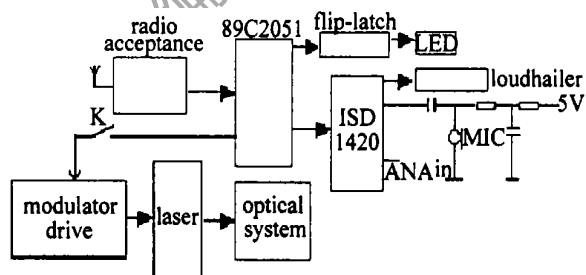


Fig. 3 Principle of transmitter system

半导体激光器从 p-n 结发出的光,其远场是椭圆对称的高斯光束,发散角大,且各方向的发散角不同^[3]。一般在平行于结平面上的光束发散角为 $15^\circ \sim 20^\circ$,在垂直于结平面方向上的发散角为 $30^\circ \sim 40^\circ$ 。这里的光学系统主要考虑两个指标:耦合效率和出射光的平行度。光学系统聚焦后光斑的最小直径(最大光强 $1/e^2$ 处的光斑直径)为:

$$d = 0.82\lambda/NA \quad (3)$$

式中, λ 为激光的波长, NA 为聚焦透镜的数值孔径。由此可知,为使光斑直径小,透镜的 NA 应当尽量大一些。根据半导体激光器光束的特点,设计了如图 4 所示的光学系统结构。

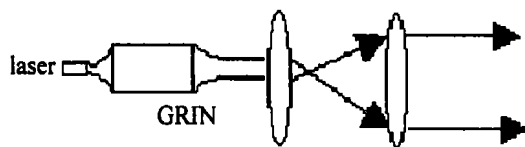


Fig. 4 Structure of optical system

该系统由一个自聚焦透镜和两个凸透镜组成。自聚焦透镜又称为 GRIN 透镜,是利用离子热交换技术在圆柱状玻璃棒内沿直径方向形成折射率分布而制成的,其聚焦能力是依靠折射率的渐变分布来

实现的,它的焦距由透镜的长度决定,特点是体积小、数值孔径较大,有利于光的耦合。半导体激光器发出的小束腰高斯光束,通过 GRIN 透镜压缩后,成为大束腰的准平行光,再由两个凸透镜进行适当的扩束处理,其出射光的平行度较好,这就提高了射击的有效距离。激光器选用的是功率为 15mW, $\lambda = 690\text{nm}$ 的红光半导体激光器。

发射系统以 AT89C2051 单片机为核心,工作频率可达 24MHz。该芯片内带 2K 可编程、可擦除的存储器,其 P₁ 口和 P₃ 口共 15 条可编程 I/O 线供用户使用,且可直接驱动 LED,故外围电路简单,体积小,与 8031 单片机兼容^[4]。激光器的调制脉冲信号由单片机提供,语音芯片 ISD1420 和 LED 计时显示器的工作也由单片机控制。一般的语音芯片,通常是将模拟的语音信号经 A/D 变换成数字信号存储下来,输出时再经 D/A 变换为模拟信号。由于受到采样频率和存储器容量的限制,输出的语音信号失真明显。而 ISD1420 采用了直接模拟存储技术,其重放的音质极好,并有一定的混响效果,仅需少量的阻容元件及麦克风、扬声器即组成一个完整的录放系统,可存储长度为 20s 的语音,另外,在程序控制下还可以分段为单位进行组合式的循环录放,使用非常灵活方便。系统留有录音接口,用户可以根据需要直接选录影碟中的音响,这样使实战氛围更好。

发射系统的工作过程是:按下跟扳机联动的开

关 K,激光器就发出频率为 1kHz 的激光脉冲,如果装在目标上的激光接受系统被命中,激光接受系统中的处理电路就发射出经过编码的无线电信号。发射系统中的无线接受模块接受到信号后,经过放大、解调、检波,得到编码信号,再由译码器译码,如果和发射模块的地址码相同,则输出一个高电平,向单片机申请中断。单片机在检测到该高电平后响应中断,由中断服务程序发出放音控制码给 ISD1420,放出被击中的音响。

3 结论

该系统巧妙地利用热电探测器的交变信号工作特点,完全解决了背景光造成光电器件饱和这一难题。同时,将自聚焦透镜和扩束光学系统结合,对大发散角的半导体激光进行变换,较好地解决了耦合效率和光平行度这两方面的问题。单片机的运用使系统智能化,硬件电路更紧凑,可靠性得到进一步提高。该系统可广泛用于基层单位常规的射击、防空等模拟实战训练。

参 考 文 献

- [1] 金国藩,李景镇. 激光测量学 [M]. 北京:科学出版社,1998. 277~278.
- [2] 魏永广,刘存. 现代传感技术 [M]. 沈阳:东北大学出版社,2001. 120.
- [3] 黄德修,刘雪峰. 半导体激光器及其应用 [M]. 北京:国防工业出版社,1999. 222~223.
- [4] 余锡存,曹国华. 单片机原理及接口技术 [M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2000. 190.

简 讯 ·

三硼酸铯可产生有效的三倍频

大阪大学的研究人员们生长出了高质量的三硼酸铯晶体 (CsB_3O_5 或 CBO),该晶体可使 NdYAG 1064nm 基波和 532nm 二次谐波的和频产生 355nm 光。生长出来的晶体在 170nm 处有吸收,因此能产生 200nm 处的深紫外激光。在 8mm 长的 II 类匹配 CBO 晶体产生 355nm 激光的试验中,采用的是频率从 21kHz~100kHz 的二极管泵浦 NdYVO₄ (vanadate) 激光做为基波光源。TEM₀₀ 模脉冲脉宽为 10ns,平均功率为 11.3W。研究人员在 10.2W 的输入基波获得了 3.0W 的 355nm 光,有效率为 30%。三硼酸锂晶体 (LBO) 也可产生二次谐波。相比而言 LBO 产生 355nm 的有效率仅为 19%,另一块 CBO 晶体用的是旧技术制造,由于高吸收,其有效率也仅为 25%。

(蒋 锐 曹三松 供稿)