

## 激光接收机光电转换电路

白玉民

本文介绍一种适合于部队战术激光对抗训练的激光接收机光电转换电路，它具有简单、实用、可靠、经济等特点。虽然元件数量很少，但性能却很理想，对提高整机的可靠性，降低造价是很有意义的。

用战术激光对抗模拟器进行实兵实地战术训练，由于它具有能模拟各种武器的效能，对参战人员无伤害，能直接显示“战场”成绩的特点而得到部队的肯定。但是国内的激光模拟训练器材的研制工作刚刚开始，还有许多问题没有得到解决，抗阳光饱和问题就是其中之一。作为战术对抗用的激光脉冲探测器，由于要探测“战场”上任一方向射来的激光脉冲，必须保证水平方向 $360^\circ$ 的接收角和垂直方向 $90^\circ$ 的接收角，还要保证接收灵敏度基本不受外界条件影响，否则就无法使用。我们以常用的光电转换电路来分析光饱和的问题。图1是常用的硅光电二极管光脉冲接收电路。当光信号照射在光电二极管上时，产生光电流 $I_D$ ，此电流在R上的电压降作为输出信号，送到放大器进行放大。当较强的阳光（最强时可达 $1.24 \times 10^5$ 勒克斯）照射在光电二极管上时，使光电二极管产生一个很大的光电流，甚至使R两端的电压达到偏压 $E_D$ 的数值，这时的光电二极管就处在饱和状态。同时，如果激光再以毫瓦级的光功率照射在光电二极管上，从输出端已经取不出信号了，也就是它的转换效率是随着背景光的亮度而变化的，这将导致激光射击模拟器的作用距离时近时远，无法使用。所以这种简单的光电二极管探测电路是不适合用来做广角接收的。图2是以光电池为光电转换元件的探测器。当光信号照射在光电池上时，所产生的光电流在R上产生电压降，然后经C耦合到放大器作为输出信号。当强阳光照射时（光功率可达每平方厘米一百多毫瓦），产生较大的电

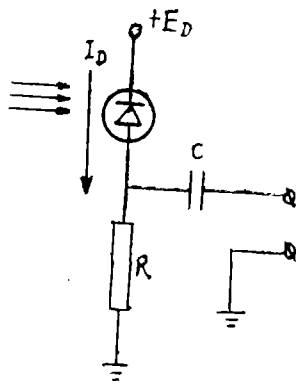


图1

收稿日期：1983年6月9日。

流，此电流流经R产生饱和电压，此时若有毫瓦级的激光信号照射在上面，电路是作不出反应的。因光电池已工作在饱和状态。如果用减小R的办法来增加动态范围，又限制了灵敏度的提高，R的取值不能太小。所以这种简单的光电池探测电路也不适宜做广角接收。为此，我们提出了抗光饱和问题并加以解决。

我们设计的电路如图3所示。硅光电池2CR与负载电阻R不是直接连在一起的，而是经过一个耦合线圈L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>靠互感的作用传递信号的。B是脉冲变压器，L<sub>1</sub>是初级绕组，L<sub>2</sub>是次级绕组，R是负载电阻。电路中L<sub>1</sub>为硅光电池提供了一个非常低的直流电阻。当阳光照射时，只在L<sub>1</sub>内产生光电流，而不能耦合到电阻R上。

同时由于负载直流电阻远小于光电池内阻，使L<sub>1</sub>两端电压建立不起来，光电池达不到饱和电压，这就使得激光脉冲能够被探测，而不受饱和和电流的影响。

不采取任何滤波设备来抑制阳光的干扰，就可使光电池工作在动态范围之内。适当地选择电阻R和匝数比n可使电路的响应时间与激光脉冲很好的匹配。反射到初级的阻抗是  $R' = R \cdot \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$ ，当光电池的结电容为C<sub>0</sub>时。电路的时间常数是  $\tau = R \cdot \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \cdot C_0$ （秒）（假设变压器的分布电容可忽略），能够与几百毫微秒宽度的激光脉冲很好的匹配。

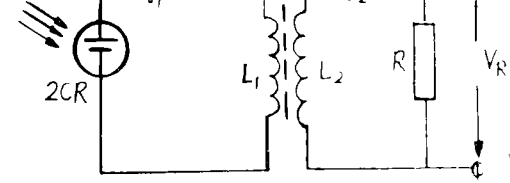


图 3

当激光脉冲照在光电池上时，在L<sub>1</sub>内产生电流i<sub>1</sub>，i<sub>1</sub>产生的磁通在L<sub>2</sub>两端产生感应电势，并在R内产生电流，R两端的电压经C耦合到放大器。i<sub>1</sub>与V<sub>R</sub>的关系是  $V_R = i_1 \cdot n \cdot R$ ，n为匝数比  $\frac{N_1}{N_2}$ 。当最强的阳光照在光电池上时，除了在L<sub>1</sub>内产生一个较大的电流外，还在L<sub>2</sub>内产生一个微小的光噪声电流，也就是均方根散粒噪声电流，它的大小是由下式确定的[1]：

$$\Delta i_n = (2e I \Delta f)^{\frac{1}{2}} \cdot n$$

式中，e为电子电荷，I为光电池产生的背景光电流，Δf是频带宽度。此电流在R上产生的电压是微伏级的，设计电路时要把这个电压数值作为放大器最小输入电压的下限，一般情况下选高于这个电压几倍的数值较可靠。这个电路的探测灵敏度为：

$$P_0 = \frac{V_R}{k \cdot n \cdot R}$$

式中,  $v_R$ 是电阻R两端的电压,  $k$ 是光电池的光电灵敏度,  $P_0$ 是作用在光电池上的光功率。把实际参数代入公式就会发觉探测灵敏度较低,但是由于它具有平方厘米级的光敏面积,因此总的灵敏度已经足够了。整机设计时可根据测距方程式确定有关参数<sup>[2]</sup>:

$$P_s = \frac{4 \cdot P \cdot e^{-\alpha R} \cdot S_D}{\pi \cdot R^2 \cdot \theta^2}$$

式中,  $P_s$ 为光电池接收到的光功率,  $R$ 是作用距离,  $P$ 是发射峰值功率,  $\theta$ 是发射机的发散角,  $\alpha$ 为大气消光系数,  $S_D$ 为光电池的光敏面积。为了解决360°探测的问题,最好的办法是初级绕组由一组增加到四组。每组各连接一个光电池,相同的匝数,相同的绕向。按四个方位角放置,每个光电池的接收角大于100°。当多个光电池受光照射时,磁通线性增加,在R上可得到总电压。同时由于L<sub>1</sub>的激磁电感很小,对变化率较低的光或电脉冲,有很好的抑制能力。

我们利用这种电路试制了四种激光对抗器材,使用效果很好,在 $1.5 \times 10^5$ 勒克斯强光照射时的光电灵敏度,与在全黑条件下的光电灵敏度相比,变化小于0.2微瓦,基本不受外界背景光亮度的影响。我们配用峰值发射功率6瓦的砷化镓单异质结激光发射机,在发散角为1.8毫弧度时,最远作用距离为2700米,完全可以满足常规武器模拟训练的需要。

### 参 考 文 献

[1] 电光学手册, (美) 无线电公司编, 1974年出版, 国防工业出版社。

[2] 激光测距, 高林奎、宋玮编, 1977年4月出版, 人民铁道出版社。

## 军 用 激 光 器

马可尼航空电子设备公司应用物理分部, 于1982年取得了英国军事合同, 研制装在坦克瞄准仪里的CO<sub>2</sub>激光测距机样机。据市场销售经理 Paul Chxnoweeh 说, 这一计划的主要承包者是约克郡的维氏仪器公司 (Vickers Instruments), 但是马可尼公司将制造所有的激光元件, 如果成功的话, 这种装置就会取代目前英国坦克中使用的红宝石和YAG测距机。马可尼正在为英国军方研制高重复率(100脉冲/秒), 数兆瓦(4~5兆瓦) CO<sub>2</sub>激光器。1982年, 在德国晶体光学激光制造公司开始了同样的计划。今年该公司也报导了一个有趣的有军事目的的订货单: 荷兰的测距仪制造商订购了数百根YALO晶体棒, 用于制造“对人眼安全”的测距机。

英国与阿根廷在福克兰群岛战争中的经验, 显然并没有改变激光测距机和目标指示器的军事采购计划。根据报刊报导, 英国地面士兵已能够使用他们的费伦蒂激光指示器, 制导从猎鹰-猎兔狗式 (Hawker-Harrier) 垂直起落喷气机投掷的美国提供的灵巧炸弹。

摘译自 Laser Focus, 1983(Mar.), P.12.

祖兰 译 封鸿渊 校