

应用邻域相关处理技术的激光报警装置

王海先

(华中光电技术研究所, 武汉, 430073)

摘要: 介绍了作者研究设计的邻域相关处理技术。该技术能有效地提高光电二极管阵列式激光报警器分辨率, 降低成本。应用这种技术设计了一台激光报警装置, 通过对激光报警装置进行的原理性接收试验, 证明了在相同数量的光电管下, 邻域相关处理技术能成倍地提高激光报警的探测精度, 邻域相关处理技术的原理是可行的。

关键词: 激光报警 分辨率 邻域相关 精度

A laser warning device using neighborhood related processing technique

Wang Haixian

(Mid-China Institute of Opto-Electronic Technology, Wuhan, 430073)

Abstract: The neighborhood related processing technique that we have studied for several years is used to design a laser warning device to provide much higher target angle allocation accuracy than conventional spectrum distinguishing photodiode array warning device. If neighboring two laser photodiodes detected out the laser signal, the comparison logic will judge in which direction the laser radiate at the accuracy of 5° . Experimental results show that the technique is worth practicing.

Key words: laser warning resolution factor neighborhood related degree of accuracy

引 言

自 60 年代激光问世以来, 这一高新技术在军事领域得到巨大的应用, 激光测距、激光引信, 激光制导等构成了重要的武器分支。在战场上发挥的作用越来越引起人们的关注, 尤其是激光制导武器的出现, 吸引了世界各国军界人士投入大量的人力物力研究各种类型激光制导武器, 使激光制导武器的装备更加普及、应用更加广泛。

在海湾战争中, 美军用激光制导炸弹摧毁了巴格达主要目标的 95%, 多国部队又用激光制导炸弹破坏了伊拉克的大部分公路和桥梁, 使伊军运输线中断。据美国防部称, 按投放空地武器总重量计, 激光制导炸弹只占 4.3%, 但对伊拉克的战略和战术目标都造成了约 75% 的严重破坏, 这充分显示激光制导武器的巨大威力。

为了提高军事目标的生存能力和自身的防卫能力, 为了在未来的光电子战中掌握战争的主动权, 防御激光制导武器的激光对抗系统运用而生。要对抗必须先报警, 因此, 激光报警器就成了激光对抗的主要设备之一。而提高激光报警器的探测精度则是研究激光报警技术的重要任务之一。在激光报警器中, 光谱识别型光电二极管阵列式激光报警器以结构简单、技术成熟、成本低的特点得到了国内外的广泛应用。如早期挪威的 RL-1、英国的 SAVIOUR 系统和 LWD-21 型激光告警系统、国内的车载激光报警器及多种报警机都是这种类型。但这种类型的激光报警器分辨率低, 难以适应激光对抗的要求。

为了提高光电二极管阵列式激光报警器的探测精度,我们对这种类型的激光报警器进行了改进,研究设计了邻域相关处理技术,旨在改变光学接收视场的分配方法,使重叠视场大于独立视场若干倍,通过电路对重叠视场内接收到的能量进行比较,把重叠视场细分成若干个小视场,进而提高激光探测的分辨率。利用这种技术我们研制了一台激光报警装置,通过探测分辨率的接收试验,证实了在相同数量的光电管下,应用邻域相关处理技术可以成倍地提高激光报警精度,邻域相关处理技术原理是可行的。

一、邻域相关处理技术

1. 光电二极管阵列式激光报警器的组成和工作原理

目前国内外常见的光谱识别型光电二极管阵列式激光报警器大致是由光学系统、光电转换系统、放大整形电路,声光报警电路等组成。

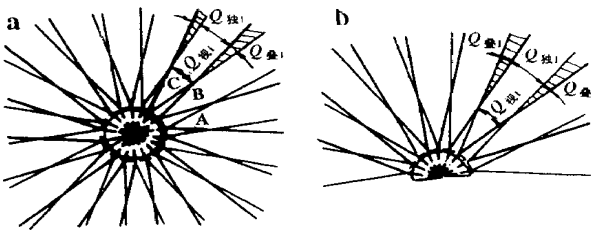


Fig. 1 Uniform distribution of receiving field of view
a—at azimuth angle direction b—at pitch angle direction

接收视场被相邻二个光学接收视场均匀重叠,重叠视场与每个光电转换器单独接收的视场相等,见图1,即一个光电转换器的接收视场被平均分成三等份,每一份对应的接收视场就是探测器的分辨率。光学接收视场的大小取决于360°的圆周内放置的光电转换器的数量。

由此可得出探测分辨率与光电转换器之间的关系:

$$n \times 2Q_{\text{分辨}} = 360^\circ$$

$$Q_{\text{分辨}} = 180/n \quad (1)$$

式中, $Q_{\text{分辨}}$ 为均匀分配光学视场的分辨率, n 为圆周内光电转换器的数量。

由(1)式可求出放置不同光电转换器数量对应着不同的探测分辨率,它们之间的关系见表1。

2. 邻域相关处理技术工作原理

根据光学系统的接收视场和光电转换器数量决定激光报警器精度的原则。我们对激光报警器的接收视场进行了改进,将原来一个光学接收视场被相邻二个光学接收视场均匀分配,改变成不均匀分配,分配方法见图2。重叠视场(图中阴影部分)三倍于独立视场(图中无阴影部分),即一个光学视场被平均分成7份。

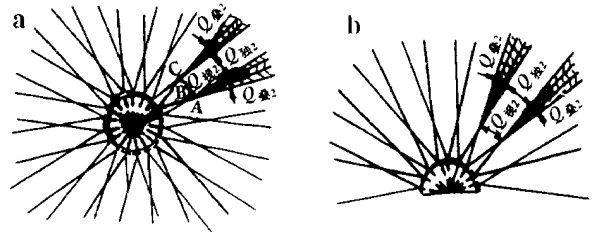


Fig. 2 Non-uniform distribution of receiving field of view
a—at azimuth angle direction b—at pitch angle direction

由图2可看出各视场间的关系,探测分辨率与圆周内光电转换器数量间的关系见下式。

已知: $Q_{\text{叠}2} = 3Q_{\text{独}2}$, $Q_{\text{分辨}2} = Q_{\text{独}2}$

光学系统将激光信号会聚到光电转换器的光敏面上,光电转换器把光信号变成电信号,放大整形后送声光报警电路进行报警和方位指示。

探测精度由光学系统视场角和光电转换器的数量决定。因此光学系统视场角与精度有着密切的关系,以往激光报警器的光学系统都设计成为一个光学接收

Table 1 The relation of the quantity of photoelectric converter and resolution factor in uniform distributed field of view

n	4	8	12	18
$Q_{\text{分辨}}$	45°	22.5°	15°	10°

$$Q_{视2} = 2Q_{叠2} + Q_{独2} = 7Q_{分辨2} \quad (2)$$

$$n \times 4Q_{分辨2} = 360^\circ, Q_{分辨2} = 90/n \quad (3)$$

式中, $Q_{叠2}$ 为视场不均匀分配中的重叠视场, $Q_{分辨2}$ 为视场不均匀分配中的分辨率, $Q_{独2}$ 为视场不均匀分配中的独立视场, $Q_{视2}$ 为一个光电转换器的光学

接收视场, n 为圆周内光电转换器的数量。当光电转换器的数量一定时, 对应的探测分辨率也就确定, 二者之间的数量关系见表 2。将表 2 和表 1 比较可见, 在相同数量的光电转换器下, 应用重叠视场不均匀分配法, 探测精度可以提高一倍。重叠视场内的三个分视场的划分是通过电路来实现的。当激光照射在重叠视场内, 二个光电转换器同时接收, 这时, 激光源的方位有三种情况, 第一种是第一个转换器的能量大于另一个, 第二种是两个转换器的能量相等, 第三种是第一转换器的能量小于另一个。通过电路对二路信号的能量进行比较, 就可以判断出二者之间是大于、小于、还是等于, 从而把重叠视场划分成三个不同的区域, 对应着三个不同的方位, 使探测分辨率得到提高。

Table 2 The relation of the quantity of photoelectric converter and resolution factor in non-uniform distributed field of view

n	4	8	12	18
$Q_{分辨2}$	22.5°	11.25°	7.5°	5°

二、应用邻域相关处理技术的激光报警装置

1. 主要技术指标

探测波长: $0.6\mu\text{m} \sim 1.1\mu\text{m}$; 探测视场: 水平 $0^\circ \sim 360^\circ$; 俯仰 $-7.5^\circ \sim 90^\circ$; 方位分辨率: 5° ; 俯仰分辨率: 5° ; 响应时间: $< 1\text{s}$; 声光报警持续时间: 1s 。

2. 工作原理

激光报警装置由邻域相关光学系统、光电转换器阵列、放大电路、峰值比较电路、抗干扰整形电路、方位俯仰控制电路、方位俯仰显示和音响报警电路等几部分组成, 原理框图见图 3。当激光照射在探测器所在的上半球空域时, 光学系统将激光聚焦到光电转换器阵列上, 必然有一个或几个光电转换器接收到光信号, 把光信号转换成电信号进入放大电路, 放大电路的输出一路送抗干扰整形电路, 抑制杂光和噪声的干扰, 信号整形后送方位俯仰控制电路; 另一路送峰值比较电路, 将信号的电压峰值采样保存并进行比较。当只有一个光电转换器接收到信号时, 直接送方位俯仰显示电路和声光报警电路, 进行位置显示和声光报警。当有二个单元同时接收到信号时, 首先进行峰值电压比较, 判断激光源位于重叠视场中的哪一个区域, 然后送方位俯仰控制电路进行处理, 最后到方位俯仰显示电路, 使对应的方位俯仰发光二极管亮, 显示出威胁源的方位。声响报警在激光照射时即产生断续的音频报警信号。

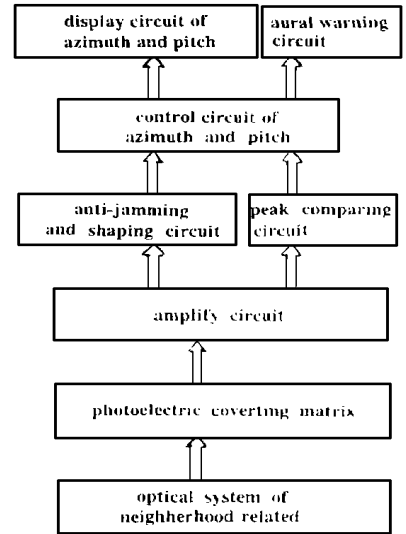


Fig. 3 The block diagram of laser warning device

3. 接收视场的分配和分辨率的确定

根据分辨率为 5° 的要求, 由 (3) 式可求出每层光电转换器的数量 n , 共计为 18 个, 俯仰设计为 4 层, 顶部一个, 即半圆内为 9 个, 满足俯仰的精度要求。接收视场的分配见图 2。

每个光学系统的接收视场由 (2) 式得: $Q_{视2} = 7Q_{分辨2}$

已知: $Q_{分辨2} = 5^\circ$, 所以: $Q_{视2} = 7Q_{分辨2} = 35^\circ$

即光电转换器的光学接收视场为 35° ，重叠视场为 15° ，独立视场为 5° 。重叠视场被划分成三个区域，每个区域为 5° ，保证了任何区域的视场均为 5° 。光学系统的排列见图 2，方位视场排列见图 2a，俯仰视场排列见图 2b。

重叠视场中 5° 视场的划分是通过比较二光电管接收能量(即峰值电压)的大小来实现的。当激光信号辐射在光电管 A 和光电管 B 的重叠视场内，经光电转换放大后，进行峰值采样保持，通过比较电路判断出 A 管的峰值电压是大于 B 管、小于 B 管、还是等于 B 管。当 A 管峰值电压大于 B 管时，A 管的能量大于 B 管的能量，确定激光源位于靠 A 管的 5° 视场内。当 A 管峰值电压小于 B 管时，A 管的能量小于 B 管的能量，确定激光源位于靠 B 管的 5° 视场内。当 A 管峰值电压等于 B 管时，A 管的能量等于 B 管的能量，确定激光源位于 A 管和 B 管中间的 5° 视场内。A 管能量等于 B 管能量的判断是相对的，相对量的大小可以通过理论计算或实际调试来确定，这个相对量就是比较电路的灵敏度，灵敏度的值是可以调整的，改变灵敏度的值就可以改变 A 管和 B 管重叠视场内的中间区域，使之达到 5° 视场的要求。

通过上述方法把 15° 的重叠视场划分成了三个 5° 的分视场，从而满足激光报警装置探测分辨率的技术要求。

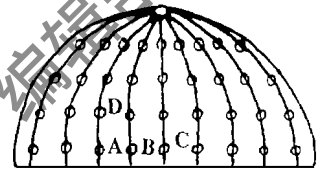


Fig. 4 The detect head

4. 结构组成

激光报警装置在结构上分成二部分，一部分是探测头部，另一部分是方位俯仰控制显示箱。探测头部是一个空心半球，球上排列着光学系统和光电转换单元，顶部一个，下面分四层，每层 18 个，按照经纬线的方式排列，第一层与水平的夹角为 10° ，其它各层之间以及每层内两两光学系统之间的夹角均为 20° ，光轴全部指向球心。探测头部示意图见图 4。放大电路、抗干扰整形电路、峰值比较电路均安装在半球内。

方位俯仰控制显示箱内安装方位俯仰控制电路、方位俯仰显示电路、声光报警电路。方位俯仰的显示是通过装在面板上的发光二极管完成。每一个发光二极管代表一个 5° 视场，按照矩阵的方式排列，横坐标代表方位，纵坐标代表俯仰。这个矩阵较大。由于项目经费紧张、人员少，我们仅作了 4 套光电接收放大系统，进行原理性试验，如果 4 套分系统的原理试验通过了，整机的原理也就不难实现。因此，方位俯仰显示的发光二极管矩阵只排列了其中的一小部分，见图 5。

当矩阵中某个发光二极管亮时，沿横坐标找到激光源的方位，沿纵坐标找到激光源俯仰。

pitch (degree)	- 7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	37.5	42.5	47.5	52.5	57.5	62.5	67.5	72.5	77.5
level (degree)	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	37.5	42.5	47.5	52.5	57.5	62.5	67.5	72.5	77.5	82.5
- 7.5~ 12.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.5~ 17.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.5~ 22.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.5~ 27.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.5~ 32.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32.5~ 37.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37.5~ 42.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42.5~ 47.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47.5~ 52.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 5 Azimuth pitch display matrix graphic

通常情况下每次只亮一个发光二极管,在临界状态下偶尔出现二管交替亮的情况。这种显示方法简便直观,能较快地得到激光威胁源的准确方位。

三、激光报警装置精度的检测

激光报警装置装调后进行了探测精度的试验,我们安装了 4 套光电接收系统。4 套光电接收系统的排列见图 4 中 A, B, C, D 所示。水平为 A, B, C 三个单元,俯仰为 A, D 两个单元。

分辨率的接收试验在室内进行,探测头部放置在刻有方位角度的旋转支架上。激光源为 Nd: YAG 脉冲激光测距仪,在激光发射处对能量进行了衰减,以免光电接收系统饱和,影响电路工作。为了防止激光光斑的不均匀,还对光斑进行了均匀处理。激光源固定不动,不断地发射激光脉冲。

首先做方位接收试验,旋转方位转动支架,使 A 管或 C 管的独立视场接收到激光,对应 A 管或 C 管独立视场的发光二极管亮。再缓慢地向左或向右转动方位支架,测出发光二极管由亮到灭所对应的方位角度,记下所转过的角度值。用同样的方法依次点亮每个发光二极管,测出每个发光二极管对应的视场角。试验记录见表 3。

俯仰分辨率的试验,由于没有刻有俯仰角度的转动装置,俯仰分辨率的试验不能得到准确的角度值。但按照方位

分辨率的试验方法,缓慢的转动探测头部的俯仰角度,依次点亮 A, A > D, A = D, A < D, D 5 个发光二极管。由此可以得出俯仰分辨率约为 5°。

由上述试验结果可见,激光报警装置的分辨率达到了设计要求。除了没有重叠的边缘视场为 20°左右外,其余分辨率视场均在 5°±2°范围内。测试中存在的误差还可以通过调整比较电路的灵敏度和光学系统参数加以改善。由于时间关系,这项工作我们未能进行,即使存在这些误差,也在±5°精度范围之内,是允许误差。

Table 3 The experiment data of azimuthal resolution factor

order number	angle displaying	photoelectric cell	angle of coverage	error
1	262° ~ 241°	A	21°	
2	241° ~ 234°	A > B	7°	+ 2°
3	234° ~ 231°	A = B	3°	- 2°
4	231° ~ 227°	A > B	4°	- 1°
5	227° ~ 222°	B	5°	0°
6	222° ~ 217°	B > C	5°	0°
7	217° ~ 213°	B = C	4°	- 1°
8	213° ~ 207°	B < C	6°	+ 1°
9	207° ~ 187°	C	20°	

四、讨 论

1. 邻域相关处理技术能提高激光报警精度,降低成本,是一种简单有效的提高费比的新技术,有着广泛的应用前景。

2. 邻域相关处理技术主要适应于接收直接截获激光主辨能量和离开光轴不远的散射旁辨能量。

3. 接收放大电路要有自动增益控制,使光电转换器和放大电路始终处在非饱和状态,才能保证判断电路准确工作。

4. 邻域相关处理技术是首次研究探索,将它应用在激光报警装置上,得出了令人满意的结果。这只是初步的尝试,还需要作大量的工作进行完善。

向参加和帮助过邻域相关处理技术激光报警装置研制工作的同志表示衷心感谢。

毛细管内有金催化剂的封离型 CO₂ 激光器特性研究

董小刚

(中国空气动力研究与发展中心, 绵阳, 622653)

侯天晋

王欲知

(西南技术物理研究所, 成都, 610041)

(西南交通大学物理系, 成都, 610031)

摘要: 金作为催化剂直接置入封离型 CO₂ 激光器毛细管能有效地促使放电分解的 CO₂ 复合^[1], 但也导致器件工作状态的改变^[2]。作者从管内电场分布、有效放电等离子体体积及激励效率、迁移电流、双极性扩散、管壁电荷中和与壁电流等方面作了分析, 用以自己的工艺研制的环膜、离散膜及未置金催化剂管进行了比较实验, 建立了器件的数学模型并编程数值计算, 指出加入导体环膜后将降低器件效率, 改变乃至恶化其运行状态, 明确提出离散膜和弥散膜的概念并肯定其优越性, 修正了前期工作所得“置入金环使着火电压与 *I-V* 曲线都升高”的结论。

关键词: CO₂ 激光器 工作特性 金催化剂 再生复合

Investigation of the performance characteristics of sealed-off CO₂ laser with distributed gold catalyst sited at the inner wall of the discharge capillary

Dong Xiaogang

(China Aerodynamics Research & Development Center, Mianyang, 622653)

Hou Tianjin

(Southwest Ins. of Tech. Phys., Chengdu, 610041)

Wang Yuzhi

(Dept. of Phys. Southwest Jiaotong Univ., Chengdu, 610031)

Abstract: Being a catalyst, gold sited directly in capillary of sealed-off CO₂ laser can make CO₂ effectively recombine that dissociated with the discharge, but cause change of the performance status of device yet. This paper investigated the electric field distribution, available volume of plasma and exciting efficiency, drift current, ambipolar diffusion, the neutralization of the charges on the wall in capillary, especially the wall-current, performed further contrasting test with ring film and separate film plated by

参 考 文 献

- 1 USP 4, 674, 874, Jun. 23, 1987: 1~ 6
- 2 张承铨, 刘松明, 彭长华. 国外军用激光仪器手册. 北京: 兵器工业出版社. 1989: 429~ 438
- 3 王海先. 红外与激光工程, 1997; 26(2): 27~ 31

作者简介: 王海先, 女, 1956年9月出生。工程师。从事激光报警和激光测距研究工作。