

## 空战激光模拟器输出的剂量测量

施良顺 高光煌 张桂素

(北京放射医学研究所)

常珂 韩曙光

(空军航空工程部)

Dosimetry of GaAs laser simulator used in air force training

Shi Liangshun, Gao Guanghuang, Zhang Gusu

(Beijing Institute of Radiation Medicine)

Chang Ke, Han Shuguang

(Aeronautical Engineering Departement of Air Force)

### Abstract

Power measurements of emitting heads and laser simulator of GaAs semiconductor lasers were reported in This paper. The results showed that the laser simulator used in air force training were safe to eye.

现从事原子激光光谱研究。

雷体仁，男，1937年10月出生，副研究员。先后从事静电加速器、基本粒子弱相互作用理论等研究。室温CO激光器和连续波自旋反转喇曼散射分别获1979年、1980年中科院科技成果三等奖。1982年后从事里德伯原子研究。1983~1984年在法国巴黎进修，参加过里德伯圆态和钠原子激光减速等研究。

贺克西，女，1950年2月出生，助理工程师。现从事电子线路和激光光谱研究工作。

收稿日期：1987年7月21日。

空战激光模拟器是一种新型的战术训练器材。为了确保使用中对飞行人员和地面维修人员眼安全，我们对不同性能的砷化镓激光器所组成的激光发射头，屋脊反射式模拟器，平面反射式模拟器输出平均功率和飞行员眼所在位置受照剂量进行了测量，并对44只青紫兰兔眼进行了激光生物效应试验。

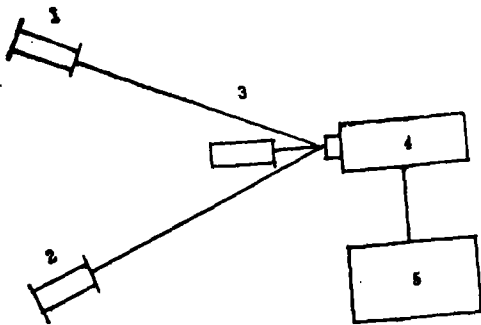


图1 测量激光发射头功率的光路图。

- 1.2. He-Ne激光器；
3. 激光发射头；
4. RKP-545型热释电探测器；
5. RK-5200型激光功率比率计

激光发射头配有发射天线。在图1中，探测器的位置即照射兔眼的位置。使用经中国计量科学研究院标定的RK-5200型激光功率比率计，显示功率直，探测器接收面面积为 $1\text{cm}^2$ ，量程为 $5 \times 10^{-8} \sim 10\text{W}$ ，最大可测功率密度为 $10/\text{cm}^2$ ，光谱响应为 $0.25 \sim 16\mu\text{m}$ 。

测试中，用He-Ne激光准直光路，探测器直接测量激光发射头的输出激光功率。测量5次取平均值。测试后，即刻照射兔眼。采用两束He-Ne激光空间交叉定位法对光，以保证照射兔眼的照射点和位置的正确。

测试点与激光发射头输出口的距离为 $50\text{mm}$ ，激光输出口直径为 $22\text{mm}$ ，探测器接收面直径为 $11.3\text{mm}$ 。在室内进行测量时，窗户上挂黑窗帘，使杂散光减少到最低程度。测量人员保持远离探测器，以减少人体热辐射对探测器的影响。在测量功率时人员不要走动，以减少空气流动的干扰，总之，使各种干扰因素的影响减小到 $1\%$ 左右。

## 二、测量数据

表1 激光发射头\*照射兔眼前的剂量测量值

测量日期 (月日)	平均功率密度 ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )	最大值 ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )	说明
5 21	$4.64 \times 10^{-4}$	$5.47 \times 10^{-4}$	
5 22	$4.55 \times 10^{-4}$	$5.37 \times 10^{-4}$	
	$4.05 \times 10^{-4}$	$4.67 \times 10^{-4}$	照射兔眼前的测量
5 23	$3.59 \times 10^{-4}$	$4.34 \times 10^{-4}$	
5 24	$3.11 \times 10^{-4}$	$4.47 \times 10^{-4}$	值
5 26	$3.60 \times 10^{-4}$	$4.15 \times 10^{-4}$	
5 28	$3.67 \times 10^{-4}$	$4.12 \times 10^{-4}$	

表2 不同距离的激光功率密度的测量值

距离 (mm)	平均功率密度 ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )	最大值 ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )
50	$3.11 \times 10^{-4}$	$4.47 \times 10^{-4}$
70	$3.75 \times 10^{-4}$	$4.41 \times 10^{-4}$
90	$3.75 \times 10^{-4}$	$4.38 \times 10^{-4}$
100	$3.15 \times 10^{-4}$	$4.27 \times 10^{-4}$
120	$3.42 \times 10^{-4}$	$4.23 \times 10^{-4}$

### 1. 激光发射头1°的测量数据

激光照射兔眼前平均功率密度的测量值见表1。考虑到测量位置可能影响剂量测量,所以在近距离50~120mm内,在不同距离上测量的数据,见表2。测量结果表明,近距离的变化,激光剂量衰减很小。即在剂量测量和照射兔眼时,探测器或兔眼安放的位置前后稍有变化,对剂量影响不大。

### 2. 激光发射头4°的平均功率密度

测量5次的平均值为 $7.04 \times 10^{-4} \text{W/cm}^2$ 。

### 3. 平面反射式模拟器4°的平均功率密度

测量5次的平均值为 $1.45 \times 10^{-4} \text{W/cm}^2$ 。测试点与平面反射式模拟器4°全反射镜之间的距离为84cm。用手提式红外夜视仪对光,观察到绿色光斑照射在探测器的接收表面上。见图2。模拟在飞行员眼部位进行了受照剂量测试。测试结果小于 $5 \times 10^{-8} \text{W/cm}^2$ 。

### 4. 屋脊反射式模拟器平均功率密度的测试值

测试点与屋脊反射镜之间的距离为10cm,以手提式红外夜视仪对光,观察绿色光束照射在探测器的接收面上即可。所得测量值为 $1.0 \times 10^{-7} \text{W/cm}^2$ 。屋脊反射式激光模拟器输出功率测量光路图见图3。模拟在飞行员眼位置受照剂量测试值为 $5 \times 10^{-8} \text{W/cm}^2$ 。

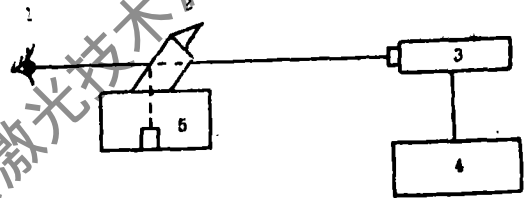
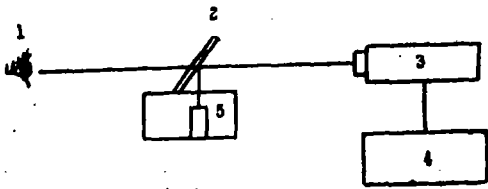


图2 平面反射式激光模拟器4°平均功率测试光路图。

1.眼; 2.平面反射式激光模拟器;  
3.RKP-545型探测器; 4.RK-5200  
型功率比率计; 5.激光发射头

图3 屋脊反射式激光模拟器输出功率测量光路图。

1.眼; 2.屋脊反射式激光模拟器;  
3.RKP-545型探测器; 4.RK-5200型  
功率比率计; 5.激光发射头

## 三、激光峰值功率的计算

1. 激光峰值功率按以下公式计算

表3 砷化镓半导体激光器的主要参数

名称	波长 (Å)	脉冲宽度 (ns)	重复频率 (Hz)
激光发射头1°	9000	400	$10 \times 10^3$
激光发射头4°	9000	350	$5 \times 10^3$
激光发射头2°	9000	$5 \times 10^5$	$5 \times 10^2$

$$\Phi_p = \frac{\Phi}{F \cdot t}$$

式中,  $\Phi_p$ 是激光峰值功率, 单位为W;  $\Phi$ 是平均激光功率, 单位为W;  $F$ 是重要频率, 单位为 $H_z$ ;  $t$ 是脉冲宽度, 单位为S。

通常, 激光光斑中的光强分布是不均匀的, 中间强, 两边较弱。有时, 光强分布偏离中心, 且有“热点”产生。用红外感光胶片拍摄了激光发射头输出端的激光光斑图形。如图4所示。

由图4可见, 光强分布是很不均的。右边强, 左边弱, 且“热点”相当明显。经测试, 中间的功率密度为 $4.64 \times 10^{-4} W/cm^2$ , 偏右上方的功率密度为 $5.47 \times 10^{-4} W/cm^2$ 。因此, 以测量激光束中心部分的平均激光功率推算到整个激光束的功率值, 仅为近似值。

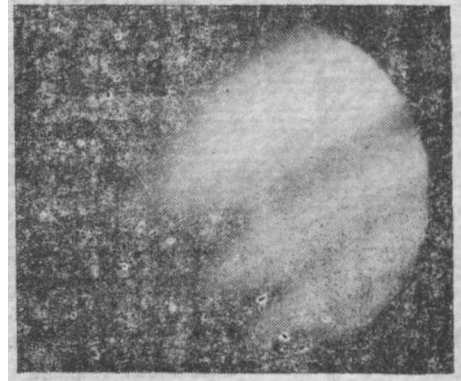


图4 激光光斑图形

为了计算激光峰值功率, 现将砷化镓半导体激光器的主要参数列于表3。

#### 四、砷化镓半导体激光器发射头和激光模拟器剂量测量结果 (见表4)

表4 激光剂量测量结果

激光模拟器	测量值 ( $W/cm^2$ )	峰值功率 (W)
激光发射头1°	$4.64 \times 10^{-4}$	$4.40 \times 10^{-1}$
激光发射头4°	$7.04 \times 10^{-4}$	1.53
平面反射式4°	$1.45 \times 10^{-4}$	$3.14 \times 10^{-1}$
眼观察位置	$5.0 \times 10^{-8}$	—
屋脊反射式2°	$1.0 \times 10^{-7}$	—
眼观察位置	$5.0 \times 10^{-8}$	—

如砷化镓半导体激光器激光照射眼半小时, 参考美国国家激光安全标准<sup>[1,2]</sup>, 根据公式:  $EL = 320 C_{\lambda} W/cm^2$ ,

其中 $C_{\lambda} = 10 [0.002 \times (\lambda - 700)] nm$ ,  $\lambda = 700 \sim 1050 nm$ , 计算出测值限值(EL)为 $8.03 \times 10^{-4} W/cm^2$ 。激光模拟器的剂量测量的最大值为 $7.04 \times 10^{-4} W/cm^2$ 低于最大允许标准。同时, 用激光发射头照射兔眼半小时, 经检眼镜和裂隙灯对44只青紫兰兔眼进行检查结果表明, 未见损伤<sup>[3]</sup>。又对眼底照相结果, 也未见

损伤。这进一步表明剂量测量结果与激光生物效应相符。在空战训练中使用该器材对飞行人员和地面维修人员的眼睛是安全的。经过1986年10月空军在华北某机场举行的空战模拟激光演习也证明, 激光对人员是安全的, 所以, 剂量测量结果是正确可靠的。

但应指出, 对于装配激光发射头的工作人员, 还是要尽量避免在激光束内直视, 以免激光束中的“热点”引起意外的损伤。

#### 参 考 文 献

- (1) Sliney, D. et al., Safety with Lasers and Other Optical Sources, Plenum Press, N.Y. and London, 1980.
- (2) ANSI, Standard Z-136. 1-1980, American National Standard for the Safe Use of Lasers, N.Y.

## 一种对光电型小能量计的标定方法

徐贵道 张桂素

(北京放射医学研究所)

本文介绍了在待测激光器上用热电型能量计标定光电型能量计的一种方法。本方法简单,使用仪器少,可充分发挥光电元件响应时间快,灵敏度高等优点。在线性范围内,可外推对短脉冲微能量进行测量。

A method for calibration of photoelectric energymeter

Xu Guidao, Zhang Guisu

(Beiling Institute of Radiation Medicine Academy)

### Abstract

In this paper a method of using photoelectric energymeter by using calorimeter in laser ready for energy measurement is presented. The method is rather simple, using less instruments, and bring the rapid response and high sensitivity of photoelectric element into play. It also can be extended to the measurement of laser micro energy of short pulse within certain response linear range.

### 一、引言

激光对眼损伤阈值的研究经常要对小能量脉冲激光进行测量,要求能量计响应时间快,

[3] 胡富根等,空战激光模拟器眼效应实验(待发表)。

作者简介:施良顺,男,1938年8月出生。助研。从事激光参数测试及仪器研制。

高光煌,男,1942年月9出生助研。从事激光参数测试。

常珂,男,1950年8月出生。助理员。从事科技管理。

韩曙光,男,1942年10月出生。助理员。助研从事航空军械工作。

收稿日期:1987年4月22日。