

文章编号: 1001-3806(2002)01-0055-03

## 观瞄镜防激光性能测试及生物效应实验

王登龙 单清 张杰 任华 钱焕文  
(军事医学科学院放射医学研究所, 北京, 100850)

**摘要:** 利用 1.06 $\mu\text{m}$  和 0.53 $\mu\text{m}$  激光对新型防护材料的激光能量透射率和光密度值进行了测试,并用动物进行了防激光生物效应实验,给出了生物学鉴定结果。

**关键词:** 观瞄镜;防激光;生物效应

**中图分类号:** TH745.4;Q631 **文献标识码:** A

### Protection performance against laser for a sight scope and biological effect

Wang Denglong, Shan Qing, Zhang Jie, Ren Hua, Qian Huanwen  
(Institute of Radiation Medicine, Academy of Military Medical Sciences, Beijing, 100850)

**Abstract:** The transmittance and optical density have been measured with 1.06 $\mu\text{m}$  and 0.53 $\mu\text{m}$  laser passing through a sight scope. Biological experiments have done on rabbits and biological evaluation results are presented.

**Key words:** sight; protection against laser; biological effect

## 引言

随着激光技术的发展与日益广泛应用,为促进新型激光防护材料的研究,根据兵器工业 53 所的要求,对该所研制的观瞄镜用新型防护材料进行了激光透射率、光密度测试及兔眼防护效果实验。实验内容包括:1.06 $\mu\text{m}$ 、0.53 $\mu\text{m}$  混合激光对样品的透射率测试;0.53 $\mu\text{m}$  激光对样品的透射率测试;不同入射角度防护材料的光密度值计算;不同剂量、不同入射角激光生物效应观察。

### 1 仪器设备及试验方法

**激光照射装置:** 实验用激光照射装置由 Nd:YAG 调 Q 激光器、KTP 倍频器和分束监测等部分组成,该装置参数如下:波长 1.06 $\mu\text{m}$ 、0.53 $\mu\text{m}$ ;发散角 0.2mrad;脉冲宽度 10ns;最大输出能量 1.06 $\mu\text{m}$  为 200mJ,0.53 $\mu\text{m}$  为 60mJ;工作频率分别为单次、1 次/s、3 次/s、5 次/s。

**测量仪器:** HEWLETT33401A 配热释电探测器;LER-型激光能量比率计配热释电探测器。所用测量仪器均经中国计量科学研究院标定。

**生物检查设备:** 眼底检查专用检眼镜;手持式眼

底照相机。

### 2 照射剂量测量方法及试验方法

#### 2.1 入射量和透射量测量

照射观瞄镜样品前,根据剂量分组,首先测出 6 个剂量组的监测分束比  $k$  值。照射样品时记录监测读数  $A$ ,根据  $k \cdot A$  关系求出入射能量;透射量用灵敏度较高的探测器直接给出。

#### 2.2 光密度值计算

激光对样品分 0°、15° 和 30° 三种不同的入射角进行照射,每种入射角分大、中、小 3 个剂量组,每组剂量照射 20 个脉冲,即每个入射角共照射 60 个脉冲,然后计算出光密度值  $D$ 。 $D = \log(H_i/H_t)$ ,式中,  $H_i$  为入射激光能量,  $H_t$  为透射激光能量。

#### 2.3 生物效应实验

**照射兔眼与观察方法:** 对观瞄镜的生物效应鉴定试验采用接近人眼的青紫蓝灰兔。体重 2kg 左右,试验前用复方托品酰胺散瞳,经检眼镜观察眼底正常者选用。试验时,兔眼前放置观瞄镜样品,为确保照射的准确性,用同光路 He-Ne 激光瞄准于兔眼,每眼照射 10 个脉冲,照后用检眼镜和眼底照相机观察照相,并由两名专业人员核对眼底损伤情况。

**兔眼受照剂量测量方法:** 照前测量出透射剂量与监测剂量的分束比  $k$ 。兔眼的实际照射剂量由监测读数  $A$  和分束比  $k$  给出(即  $k \cdot A$ )<sup>[1]</sup>。

**作者简介:** 王登龙,男,1958 年 10 月出生。工程师。现从事激光应用技术及剂量测量工作。

**收稿日期:** 2000-11-20;收到修改稿日期:2001-02-20

### 3 试验结果

#### 3.1 观瞄镜样品的入射量和透射量

在激光器能量的稳定输出条件下,将波长0.53μm

和混合光(1.06μm, 0.53μm)激光能量均分为大、中、小3个剂量组作为激光对样品的入射量。入射量由监测分束比  $k$  值和监测读数  $A$  计算出。透射量由测量仪器直接测出。实验结果见表1和表2。

Table 1 Incidence and transmitted laser energy exposed to sample 99065

wavelength/ μm	angle/ °	incident energy/ mJ	transmitted energy/ mJ
0.53 + 1.06	0	45.73 ±2.73	$0.350 \times 10^{-2} \pm 0.020 \times 10^{-2}$
		90.02 ±6.46	$0.713 \times 10^{-2} \pm 0.068 \times 10^{-2}$
		136.01 ±7.54	$0.106 \times 10^{-1} \pm 0.004 \times 10^{-1}$
	15	46.22 ±2.39	$0.807 \times 10^{-2} \pm 0.051 \times 10^{-2}$
		98.89 ±10.05	$0.185 \times 10^{-1} \pm 0.020 \times 10^{-1}$
		143.28 ±13.01	$0.285 \times 10^{-1} \pm 0.021 \times 10^{-1}$
	30	47.89 ±2.73	$4.284 \times 10^0 \pm 0.302 \times 10^0$
		116.26 ±11.14	$9.330 \times 10^0 \pm 1.150 \times 10^0$
		121.67 ±0.74	$10.840 \times 10^0 \pm 2.460 \times 10^0$
0.53	0	6.88 ±0.46	$0.135 \times 10^{-2} \pm 0.011 \times 10^{-2}$
		12.82 ±1.28	$0.245 \times 10^{-2} \pm 0.023 \times 10^{-2}$
		21.39 ±3.64	$0.371 \times 10^{-2} \pm 0.057 \times 10^{-2}$
	15	6.82 ±0.43	$0.416 \times 10^{-2} \pm 0.026 \times 10^{-2}$
		13.18 ±1.61	$0.790 \times 10^{-2} \pm 0.095 \times 10^{-2}$
		22.16 ±2.59	$1.236 \times 10^{-2} \pm 0.146 \times 10^{-2}$
	30	7.31 ±0.42	$3.477 \times 10^0 \pm 0.230 \times 10^0$
		18.39 ±1.89	$7.689 \times 10^0 \pm 0.856 \times 10^0$
		21.32 ±3.94	$8.160 \times 10^0 \pm 1.557 \times 10^0$

Table 2 Incidence and transmitted laser energy exposed to sample 99066

wavelength/ μm	angle/ °	incident energy/ mJ	transmitted energy/ mJ
0.53 + 1.06	0	46.47 ±2.09	$0.775 \times 10^{-2} \pm 0.029 \times 10^{-2}$
		84.43 ±5.49	$0.140 \times 10^{-1} \pm 0.007 \times 10^{-1}$
		140.05 ±9.44	$0.227 \times 10^{-1} \pm 0.007 \times 10^{-1}$
	15	45.91 ±2.50	$1.843 \times 10^{-2} \pm 0.101 \times 10^{-2}$
		98.15 ±8.84	$0.353 \times 10^{-1} \pm 0.023 \times 10^{-1}$
		143.66 ±12.01	$0.510 \times 10^{-1} \pm 0.019 \times 10^{-1}$
	30	47.06 ±2.71	$4.950 \times 10^0 \pm 0.490 \times 10^0$
		105.14 ±9.65	$11.010 \times 10^0 \pm 0.820 \times 10^0$
		141.91 ±9.61	$12.630 \times 10^0 \pm 1.170 \times 10^0$
0.53	0	6.73 ±0.20	$0.079 \times 10^{-2} \pm 0.004 \times 10^{-2}$
		12.72 ±1.43	$0.153 \times 10^{-2} \pm 0.013 \times 10^{-2}$
		22.33 ±3.05	$0.258 \times 10^{-2} \pm 0.030 \times 10^{-2}$
	15	6.65 ±0.26	$0.400 \times 10^{-2} \pm 0.013 \times 10^{-2}$
		12.52 ±2.09	$0.704 \times 10^{-2} \pm 0.107 \times 10^{-2}$
		23.83 ±2.68	$1.555 \times 10^{-2} \pm 0.012 \times 10^{-2}$
	30	7.68 ±0.55	$3.022 \times 10^0 \pm 0.221 \times 10^0$
		17.88 ±2.48	$5.490 \times 10^0 \pm 0.810 \times 10^0$
		22.02 ±3.39	$6.240 \times 10^0 \pm 0.970 \times 10^0$

### 3.2 观瞄镜样品的光密度值

试验对受试的 2 个观瞄镜样品,在 2 种波长、12 个剂量组、3 种激光入射角度的条件下,经 720 余次照射,测量出样品的入射剂量和透射剂量。根据入射剂量与透射剂量,用上述公式求出激光不同入射角度下样品的光密度值(见表 3)。

Table 3 Optical density value of observation collimation mirror sample

sample	wavelength/ $\mu\text{m}$	angle/ $^{\circ}$	optical density value
99065	1.06 + 0.53	0	4.11 $\pm$ 0.01
		15	3.73 $\pm$ 0.03
		30	1.07 $\pm$ 0.03
	0.53	0	3.73 $\pm$ 0.03
		15	3.23 $\pm$ 0.02
		30	0.38 $\pm$ 0.06
99066	1.06 + 0.53	0	3.78 $\pm$ 0.01
		15	3.43 $\pm$ 0.03
		30	1.00 $\pm$ 0.04
	0.53	0	3.93 $\pm$ 0.01
		15	3.21 $\pm$ 0.02
		30	0.49 $\pm$ 0.08

### 3.3 观瞄镜样品的防护效果生物学鉴定

激光 0 $^{\circ}$  入射条件下,用不同剂量、两种波长条件下,24 只兔眼照射 240 余次,结果表明,兔眼前加用观瞄镜样品后,眼损伤率为 0%。通过激光生物效应试验可以看出,观瞄镜样品在激光 0 $^{\circ}$  入射条件下,对 1.06 $\mu\text{m}$  和 0.53 $\mu\text{m}$  激光照射具有明显的防护效果。

Table 4 Biological effect illuminated by 0.53 $\mu\text{m}$  laser

sample number	transmitted energy/ $\text{mJ}$ of the sample	irradiation / $\text{mJ cm}^{-2}$	damage number/total number
99065	2.039 $\times 10^{-2}$	4.058 $\times 10^{-2}$	0/10
	2.043 $\times 10^{-2}$	4.066 $\times 10^{-2}$	0/10
	1.965 $\times 10^{-2}$	3.911 $\times 10^{-2}$	0/10
	1.934 $\times 10^{-2}$	3.847 $\times 10^{-2}$	0/10
	2.030 $\times 10^{-2}$	4.041 $\times 10^{-2}$	0/10
	1.920 $\times 10^{-2}$	3.821 $\times 10^{-2}$	0/10
99066	3.192 $\times 10^{-2}$	6.353 $\times 10^{-2}$	0/10
	3.194 $\times 10^{-2}$	6.357 $\times 10^{-2}$	0/10

激光 15 $^{\circ}$  入射条件下,用 0.53 $\mu\text{m}$  激光,兔眼前加用观瞄镜样品,8 只兔眼照射 80 次,其损伤发生率为 0% (见表 4)。用 1.06 $\mu\text{m}$  和 0.53 $\mu\text{m}$  混合光,10 只兔眼照射 100 次,其损伤发生率为 6% (见表 5)。

Table 5 Biological effect illuminated by combined beams of 0.53 $\mu\text{m}$  and 1.06 $\mu\text{m}$  lasers

sample number	transmitted energy/ $\text{mJ}$ of the sample	irradiation / $\text{mJ cm}^{-2}$	damage number/total number
99065	0.703 $\times 10^{-2}$	1.399 $\times 10^{-2}$	0/10
	1.915 $\times 10^{-2}$	3.821 $\times 10^{-2}$	0/10
	3.126 $\times 10^{-2}$	6.222 $\times 10^{-2}$	0/10
	3.078 $\times 10^{-2}$	6.126 $\times 10^{-2}$	1/10
	3.182 $\times 10^{-2}$	6.334 $\times 10^{-2}$	0/10
	3.151 $\times 10^{-2}$	6.272 $\times 10^{-2}$	0/10
99066	3.197 $\times 10^{-2}$	6.363 $\times 10^{-2}$	3/10
	3.214 $\times 10^{-2}$	6.397 $\times 10^{-2}$	0/10
	3.172 $\times 10^{-2}$	6.314 $\times 10^{-2}$	1/10
	3.174 $\times 10^{-2}$	6.318 $\times 10^{-2}$	1/10

## 4 讨论

本实验通过对观瞄镜样品的防护性能测试和防激光眼损伤生物效应观察,结果表明,在激光入射角度为 0 的条件下,样品的防护效果较好,生物效应实验中未造成兔眼损伤;激光入射角度为 15 和 30 $^{\circ}$  时,由于观瞄镜样品光密度值低,透射能量高,因此,用大剂量照射可引起兔眼视网膜出血性损伤。实验结果为观瞄镜的不断改进提供了必不可少的生物学依据。

国家军用标准中 5.11.3 条规定<sup>[2]</sup>:在 0 $^{\circ}$ ~30 $^{\circ}$  激光入射角范围内,反射式和复合式防护镜片的光密度值相对偏差不得超过 3%。从表 3 中可以看出,观瞄镜的光密度值在 0 $^{\circ}$ ~30 $^{\circ}$  激光入射角范围内,其最小值为 0.38,最大值为 4.11,其相对偏差远远超过了规定的范围,这就影响了观瞄镜的防护效果。本实验提示我们在研究新的激光防护镜时,应充分考虑角度效应。

### 参考文献

- [1] 单清,钱焕文,邵建强 *et al.* 医用激光杂志,1996,10(3):7~10.
- [2] 中华人民共和国国家军用标准 GB176-93,1993.