

激光眼损伤安全防护问题的研究

关崇文 王容珍 金沪梅

(中国科学院上海光机所)

提要: 从不断发生激光意外眼损伤的事故中分析激光系统中潜在的危险因素。针对造成眼灾害原因最多的“激光靶点光斑反射光”做了生物物理学的实验,讨论了预防激光眼损伤的安全防护措施。

Study on the protection of eyes against laser damage

Guan Chongwen, Wang Rongzhen, Jin Humei

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: Potential damage factors are analysed in laser systems from the frequent laser eye damage accidents in recent years. Hygienic physics experiments were performed on “reflected laser light from the hitting spots” which causes most eye disasters, and measures for eye protection against laser damage are discussed.

一、引言

从开始研究激光至今,虽然已采取了各类防护措施,但预防激光眼损伤的实质问题仍未能真正解决,国内外激光研究者意外遭到激光眼损伤的事故仍然时有发生^[1~3]。随着激光技术的发展和广泛的应用,接触激光的人员还会大量增加,激光安全防护已成为人们注目的问题,急待更深入的研究,以求确保使用安全。

二、隐含在激光系统中的危险因素

通常认为激光束的方向性很好,其定向

反射束有径可循,激光眼损伤是易于预防的。其实不然,人们的意识中常存在着惰性,由于操作者的失误,偶而疏忽大意和缺乏防护知识,以及习惯于旧的操作,引起意外的激光击伤眼睛的严重事故是屡见不鲜的。为防止激光眼损伤,实验室外虽挂着“激光危险”警告牌,室内也张贴着安全制度和标准,还为研究者配备了各类激光防护镜,为什么还时有激光损伤眼睛的事发生呢?这是一个值得探讨的问题。

表1对我国、美国发生意外激光显性眼损伤的病例进行了生物物理学的分析。

从表1的数据可以看到大部分事故并不

收稿日期:1983年7月20日;收到修改稿日期:1984年5月25日。

表1 激光束意外射入眼底因素分析报告表

辐射形式 国别	病 例 (眼数)	激光器直接 发射引起	“激光靶点光斑 反射光”引起	穿透介质散 射引起
我国22年激光眼损伤(统计到1982年)	11	2	8	1
美国20年间工业界激光眼损伤(统计到1979年)	7	1	6	
共 计	8	3	14	1
激光射入眼内因素(%)	100	16.6	77.8	5.6

是激光直接发射引起的，而是激光靶点光斑反射光引起的。一般来说，从事激光工种不同，激光损伤眼睛的原因亦不同，如在野外作业或眼科治疗等发生的意外事故，大多由激光器直接辐射所引起的。对于实验室工作的大多数人来说，被激光直接击伤眼底的为数较少，约占15~20%；而被“激光靶点光斑反射光”击伤眼底的是多数，约占80%左右。

图1对强激光系统激光损伤眼睛的潜在因素进行了分析。

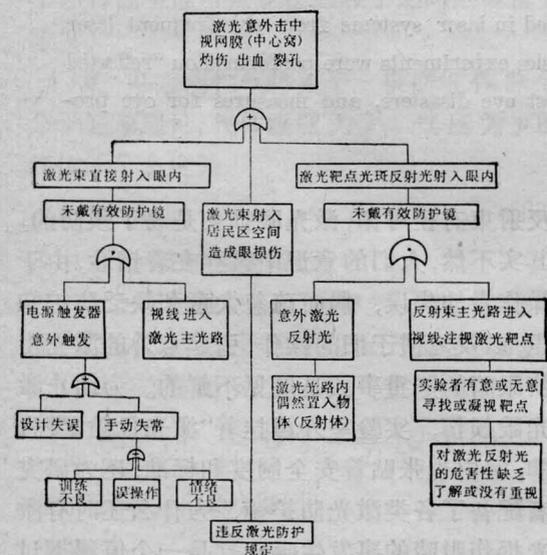


图1 高功率脉冲激光发生意外眼损伤逻辑分析图

三、激光卫生物理学实验装置

激光束经瞳孔意外地射入眼内，损伤眼

底部位多数是在敏视功能要害的部位^[4]——黄斑区。这是一个严峻的事实。

图2是为预防这种意外损伤，对“激光靶点光斑反射光”的强度分布进行实验测定的装置。

用BDN调Q钕玻璃脉冲激光器，输出波长 $1.06\mu\text{m}$ ，能量1J，脉冲宽度50ns的激光束辐照平板玻璃、有机玻璃、毛玻璃和毛玻璃加粉笔灰四种反射体，入射激光束与靶材成45度角，采用2DU探测器阵列，在二极管管前面加适当的衰减片，测定四种反射体反射光的强度分布，然后输入微计算机处理，打印输出。

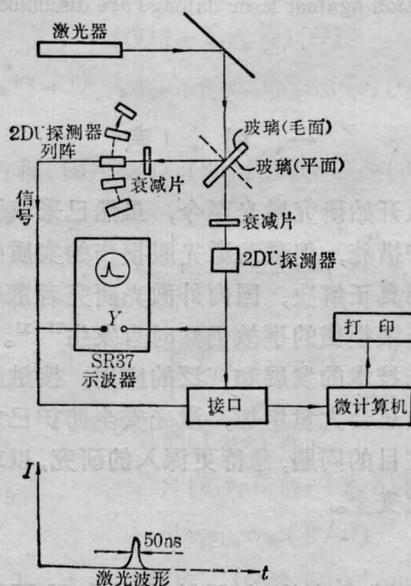


图2 “激光靶点光斑反射光”的发散角能量分布测试装置示意图

四、实验结果与讨论

普通光源发射的光入射到光洁度不同的界面时，其反射光线可出现镜面反射或漫反射。图3表示上述实验结果：脉冲激光束辐射毛玻璃加粉笔灰表面时，出现的虽然是漫反射光，但它的强度分布是不均匀的。出现以镜面反射光为轴的强辐射区，它呈锥体形或者说是“假”镜面反射，它的立体发散角比想象的要大。这对眼睛来说是一个非常危险的区域。

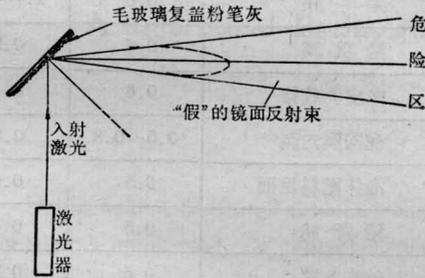


图 3

如果潜在的激光危险区是不可见波段的光，更易使人疏忽大意，危险性更大。特别是在激光器件附近的操作者，如果视线进入危险区，意外眼损伤事故就可能发生。

实验结果还表明，激光工作者手持一个靶面，将其置入光路，边活动靶面边观察出现的光斑，这是一种错误的操作而且是很危险的，这样做犹如用“激光枪”瞄准自己眼底的黄斑区，即使戴着激光防护镜，其眼底也难免受到激光灼伤。

实验结果还表明，在激光光路上有意或无意置入某物，其中包括活动着的物体，它立刻引起“激光靶点光斑散射光”的反射或散射。对人眼来说，犹如使眼睛处于“光机关枪”发射无定向“光弹”的环境之中。它对眼睛的损伤几率甚高，对眼睛的危害极大。

激光科研人员在实验中，如调整光路，测试和激光加工等，经常要和激光靶点打交道。

有时甚至要凝视激光靶点光斑，关于激光的防护问题，事实上主要是防护“激光靶点光斑反射光”。

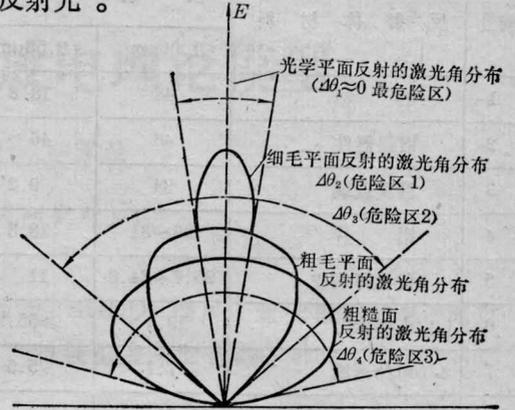


图 4 “激光靶点光斑反射光”的能量发散角分布

图4示出了“激光靶点光斑反射光”各种潜在的危险区，当激光垂直入射光洁度不同的反射体时，可出现不同的光强分布。就对眼睛危害的程度来说，出现了相对应的危险

表 2 引起激光反射造成眼底损伤的物品(反射体)

编 号	反 射 体	损伤眼数
1	各种棱镜	4
2	介质膜板	2
3	物品在光路中移动	2
4	曲面镜	2
5	有机玻璃盒	1
6	入角膜白斑	1
7	黑相纸	1
8	功率计	1
9	测试纸	1
10	从显微镜目镜中反射	1
11	窗玻璃	1
12	液体溅射	1
13	绘图纸	1
14	粉笔	1
	共计	19

表3 实验室里常接触到的六十一一种反射体的光反射率数值表(仅供参考)

编号	反射体材料	反 射 率 %		编号	反 射 体 材 料	反 射 率 %	
		1.06 μ m	0.53 μ m			1.06 μ m	0.53 μ m
1	铝 铂	48	18.2	32	普通木板	1.1	0.7
2	镀铬器件	46	46	33	白工作服多层	1.0	1.0
3	涂膜玻璃	34	9.2	34	角 膜	0.8	0.7
4	铝 片	26~31	13.8	35	耐 火 砖	0.8	0.5
5	黄色薄铜皮	25.7~34.3	11	36	灰色凡布	0.8	0.5
6	小手术刀	19.4	≥ 55.2	37	白工作服单层	0.7~0.8	0.8
7	单凸透镜	7.7	5.5	38	包装皮带(白色)	0.64	1.0
8	光学玻璃	4	4	39	猪 肝	0.6	1.7~2.0
9	白瓷电料	4	3.6	40	猪 巩 膜	0.6	0.2
10	电料(黑色)	3.75	1.6	41	橡皮乳胶管	0.6	0.4
11	绿色油漆锯条	3.75	12~13	42	视网膜内侧	0.5~0.8	0.8
12	窗 玻 璃	3.4	2.8	43	泡沫塑料粗面	0.5	0.6
13	黑 相 纸	3.4	3.2	44	猪 脂 肪	0.5	0.4
14	有机玻璃	3.4	3.5	45	纱布8层	0.5	0.8
15	布儒斯特角	3.2	3.2	46	手术手套(新)	0.5	0.4
16	绿色塑料	3	1.6	47	描 图 纸	0.45	0.6
17	黄色瓶(玻璃)	2.9	2.2	48	手术手套(旧)	0.4	0.3
18	苹果绿油漆墙	2.8	1.5	49	纱布单层	0.4	0.6
19	黄塑料管	2.6	1.8	50	钹玻璃片		0.2
20	蓝色塑料管	2.0	1.6	51	人手背(女)	0.3	0.4
21	计 算 纸	2.0	1.7	52	人手掌(女)	0.3	0.24
22	泡沫塑料光面	1.8	2.1	53	塑料乳胶管	0.3	0.1
23	白 粉 笔	1.8	1.7	54	有 锈 铁	0.3	0.3
24	绿塑料管	1.7	1.4	55	毛 玻 璃	0.3	0.3
25	垫片(铁制)	1.6	1.6	56	多股电线外皮	0.25	0.2
26	白石灰墙	1.5	1.4	57	透镜双凹毛面	0.25	0.2
27	玻璃纤维套管	1.5	1.6	58	灰色塑料管	0.24	1.0
28	蓝工作衣棉布	1.4	0.2	59	人手背(男)	0.2	0.3
29	复 写 纸	1.4	0.4	60	人手掌(男)	0.2	0.4
30	红塑料管	1.3	1.0	61	黑塑料片	0.2	0.6
31	猪 角 膜	0.8~1.2	0.6				

区域,即最危险区和危险区1、2、3、4。在表2我们给出了十四种反射体引起激光眼损伤的事例,激光辐射这十四种物品的反射光击伤了十九只眼睛。这些实验室里常见的物品,由于进入了激光光路,竟引起了意想不到的严重恶果。又例如,某种液体由于溅射而意外地进入光路,它的反射光亦能引起激光眼损伤,这对激光研究者来说,真是难以想象的“飞来横祸”。

表3为实验室常接触到的六十一一种反射体的光反射率数值表,供防护参考。依反射率的高低进行编号,在一定程度上表示了它能形成“激光靶点光斑反射光”的强度和对眼睛的危害程度。

在激光实验工作中应尽可能避免发生激光反射光。在如激光加工等难免出现激光反射光时,要根据激光反射光强度分布的规律进行防护。例如,在最危险区和危险区1的空间,激光强度很高,单用护目镜防护就不一定可靠,可用屏蔽或光吸收器等方法去解决。在危险区2和3的空间,首先应考虑用屏蔽防护和用防护镜防护。

事实上许多研究者不愿配戴激光护目镜,因为在半暗室里戴上现用的护目镜后使得视力模糊,实验观察十分不便,甚至难以进

行工作。又由于可调谐激光器大量出现,实验室里同时存在多种波长的激光束,这使得护目镜的防护能力锐减。

提高激光护目镜的质量,我们认为首先考虑的是它应该有较高的透光度,使之能够观察各种测试仪器的显示,及保证操作诸如手动高压充放电设备的迅捷准确。主要用于防护激光的漫反射光,其次应做得灵巧轻便,戴之舒适,至于强激光的防护,应加强各种屏蔽措施去解决。

对激光光路要进行严格技术安全管理。高功率激光束的传输应实行管道化,或采取各种屏蔽、封闭措施,确保激光不得漏出。

对暂时不能封闭的强激光束,应置有危险标志(例如设置红线标志或指示牌),要把曝露在空间的强激光束看成高压裸线一样危险。

本文实验得到李庆国、周复正和陆莱荣等同志的帮助和指导;全文经上海第一医学院王德昭教授的审阅,特此致谢!

参 考 文 献

- [1] *Laser Focus*, 1981, 13, No. 11, 14, 16.
- [2] *Laser Focus*, 1982, 18, No. 2, 90.
- [3] 关崇文;《激光》,1980, 7, No. 10, 50.
- [4] 杨冠等;《中华眼科杂志》,1978, 2, 127.

简 讯

用于重复率锁模振荡器的全电型选脉冲开关

对于重复率为1~10 Hz或更高的锁模振荡器已不能使用火花隙做为驱动器来稳定地选取单脉冲。我们研制的采用雪崩三极管串做为驱动器的全电型选脉冲开关,成功地解决了这一问题。该装置同步好、固有延迟时间短(~20ns)、性能稳定、寿命长、无电磁干扰。

由PIN型硅光二极管接收激光脉冲系列,将光脉冲转变成电脉冲,加到同步触发电路上。调节参考电平,可选择单脉冲的理想位置。当电脉冲信号超过参考电平时,同步电路输出一个脉冲去触发雪崩

晶体管串,产生一个高压窄脉冲,该脉冲驱动LiNbO₃晶体普克尔盒,选出一个单脉冲。

全电型选脉冲开关电路采用高速ECL集成电路做同步触发电路。每一串雪崩管都是由若干个2N5551雪崩晶体管串接而成,使其输出电压恰好等于所用晶体的半波电压。

该装置已分别用在二台YAG振荡器上。

(中国科学院上海光机所 蔡燕萍

1984年11月26日收稿)