

## 战场上低能激光的威胁与防护

胡江华 周建勋 王庆宝 张保民

(南京理工大学, 南京, 210094)

**摘要:** 分析了当前战场低能激光威胁的严重性, 并从激光防护的原理出发, 论述了战场激光的防护技术, 最后对激光防护技术的发展提出了几点看法。

**关键词:** 低能激光 激光威胁 激光防护

### Low energy laser threat and protection in battlefield

Hu Jianghua, Zhou Jianxun, Wang Qingbao, Zhang Baoming

(Nanjing University of Science and Technology)

**Abstract:** This paper introduces the seriousness of low energy laser in battlefield and described laser protection technique and the development intention.

**Key words:** low energy laser laser threat laser protection

#### 一、战场激光威胁

激光的单色性好, 方向性强, 相干性及亮度高, 在军事领域的应用相当广泛, 主要包括激光测距机、激光目标指示器、激光雷达、激光制导、激光致盲武器等。战场上激光测距、目标指示或瞄准客观上可能致伤对方的人眼和设备, 对人眼和光电设备的传感器构成了威胁, 这可以称为客观威胁; 另一方面, 激光致盲武器的主观目的就是要“致盲”对方的人眼和设备, 它在战场上的应用对人眼和光电设备的传感器也构成了威胁, 这可以称为主观威胁。

激光可对人眼造成严重损害。一般而言, 以波长为  $0.4 \sim 1.4 \mu\text{m}$  的激光对人眼威胁最大<sup>[1]</sup>。其中, 可见光最易透过曲光介质到达眼底破坏视网膜, 尤以绿光致盲效果最强。近红外光可对角膜、曲光介质及眼底造成损害。紫外光和中远红外光则主要是被角膜等吸收而引起损伤。视网膜是人眼中最关键的也是最脆弱的部位, 很易吸收光能而被烧伤。这种损伤如果发生在视网膜中视觉最敏锐的黄斑处, 则可严重损害视力, 造成暂时失明或永久性致盲。由于人眼如同一个光学系统, 通过曲光介质对入射光的聚焦作用, 能使视网膜上的光功率密度比角膜入射处高  $10^5$  倍。如果入射光先经过光学系统(如望远镜、潜望镜等)然后进入人眼, 则光学系统的聚焦作用会使人眼的损害更大。

激光对人眼的损伤过程有热损伤、离子化损伤和光化损伤等; 当光电设备的传感器受到强激光照射时, 则可能出现暂时性饱和甚至永久性破坏。

在 60 年代末, 美国陆军首先装备了军用激光测距机。经过三十多年的研究发展, 军用激光测距机已更新了两代。第一代是发射  $0.6943 \mu\text{m}$  红光的红宝石激光测距机, 第二代是发射  $1.06 \mu\text{m}$  近红外光的钕激光测距机。目前, Nd:YAG 激光测距机的技术已经完全成熟, 并已大量装备部队。这些激光测距机, 无论从发射功率或重复频率来看, 都有很强的致盲作用。目前部队装备的激光目标指示器大多数使用 Nd:YAG 激光器。激光致盲武器由于要求的功率较小, 在技术上容易实现, 因此发展非常迅速。据统计, 苏军装备的激光致盲武器有 5 万具以上,

至于北约国家,其数量更是大得多。美军一直十分重视激光致盲设备的研究,在国际上一直处于领先地位。美国陆军研制的“鱼工”激光致盲武器系统,采用通用电气公司研制的板条式 Nd:YAG 激光器,发射高峰功率的近红外激光,足可损伤人眼、夜视仪和激光测距机等传感器。这种系统已经完成了野外演示验证试验,已具有初步的作战能力。美国空军和海军联合研制的一种称为“高级光学干扰吊舱”的激光致盲武器系统,发射波长为  $0.53\mu\text{m}$  的绿光(倍频钇铝石榴石激光),这种激光最易使人眼致盲。该系统装在强击机和 B-52 轰炸机上,用于致盲防空武器的射手和飞机驾驶员的眼睛或干扰光学观瞄系统。该系统已结束高级发展阶段,现已投产。在本世纪末,以二氧化碳激光器为基础的新一代激光测距机和激光雷达有可能投入战场使用。它将对日益增加的红外热成像器件(如红外警戒、跟踪、制导系统等)构成严重威胁。

总之,随着时间的推移,战场上激光的威胁将越来越严重。对战场激光的有效防护已成为各国亟待解决的严重问题。

## 二、战场激光的防护

保护战场人员的眼睛和光电设备传感器免受对方激光武器伤害的可能办法,包括阻挡激光束和采取适当的观察方式。

### 1. 阻挡激光束

阻挡激光束可用的方法有:利用光学材料(如玻璃或塑料)内的染料将光吸收;利用光学涂层来衰减(反射或衍射)光;利用快速开关来截断光。

第一种方法可以通过吸收型滤光片来实现;第二种方法可以通过干涉型或衍射型滤光片来实现。对于滤光片的要求是,既能阻挡使用的特定波长激光,又要尽可能多地透射其它波长的光,以保证目标探测、监视等战斗任务的执行。

迄今,军事上最广泛应用的滤光片是吸收型滤光片,它几乎可以是任何颜色,可用玻璃或塑料制造。它能吸收一种或多种特定波长大部分光能量。玻璃吸收型滤光片能承受较强的激光,不易擦伤,但抗冲击性较差;塑料吸收型滤光片抗冲击性好,质量轻,容易加工,但容易擦伤,在强激光辐照下可能饱和或漂白而失去防护作用。吸收型激光防护器材吸收带往往较宽,结果造成可见光透过率下降,现场变暗并着色。

这种滤光片的进一步研究特点是:(1)研制变色滤光片以便减小目标和背景间的对比度;(2)研制对高能激光吸收力很强的滤光片;(3)研制在强激光辐照下不易产生饱和的滤光片。

反射型滤光片是在玻璃基底上蒸镀多层介质膜,利用光的干涉原理,有选择地反射特定波长的激光,而使其它波长的光绝大部分透过。与吸收型滤光片相比,反射型滤光片是反射光而不是吸收光,因此能经受更大的激光功率。所以干涉型反射滤光片大部分作为涂层加到吸收型滤光片上。

反射型滤光片的主要缺点是广角性能差。当光线入射角大于  $30^\circ$  时,就会出现所谓“蓝光位移现象”。光束波长下移原波长的 1% 以上(如  $0.693\mu\text{m}$  激光波长下移到  $0.685\mu\text{m}$ )。当然,加宽槽口,即加宽滤光片带宽可部分克服这一缺点,但会使总的光透过率下降(即弱光性能下降)。衍射型滤光片能够较好地克服这一缺点。

衍射型滤光片是在全息光学元件研究工作的基础上研制出来的一种新型阻挡激光的材料<sup>[2]</sup>。它是用全息摄影方法在玻璃或塑料基片上制作的三维相位光栅。根据布拉格衍射原

理,当激光照射到这种镜片上时,若激光照射角满足布拉格条件(即  $\sin \varphi = \lambda / 2 \Delta x$ , 式中,  $\varphi$  为照射角;  $\lambda$  为激光波长;  $\Delta x$  为全息图干涉条纹间距)就会产生极强的一级衍射光。这时,看起来似乎在镜片上发生了镜面反射。在理论上,其反射率可达到小于 100% 的任何值。能发生最强反射的波长称为全息图波长,它是全息图干涉条纹间距的两倍。因此,通过控制全息图干涉条纹的间距,可以按防护要求反射特定波长的光,而使其它波长的光通过。其特点是: (1) 反射带宽窄,一般为纳米,因此,既能有效地反射特定波长的激光,又有良好的可见光透过率; (2) 可以用同样的材料制造对付不同波长激光的防护器材。如美军的“全息激光防护面罩”<sup>[3]</sup>。这是一种衍射型激光防护器材,由休斯飞机公司于 1981 年研制出来。其主要性能为: 光学密度(在 0.5 $\mu\text{m}$  处) 1.52~ 4(随入射角而变化); 反射带宽 22nm; 可见光透过率 63~ 84%; 全息图记录材料为重铬酸盐明胶。该面罩装在飞行员头盔上。为制造方便,面罩由四个组件构成,每个组件均由两片全息反射片叠合而成。全息激光防护面罩目前仍处于发展阶段。

利用快速开关技术是激光防护装置的一个重要发展方向。目前使用的滤光片,可能因激光波长不是滤光片的设计防护波长而失效。利用快速开关技术则能对付任何波长的高功率激光。这种技术的一种可能方案是利用非线性光学聚合物材料来制造光学开关或限光器。这些材料在存在强光或强电场时,会改变它们的光学特性,发生快速分子偏振变化。受到激光照射时,对激光几乎不透明,而当激光脉冲结束时,它们又回到透明状态。这些材料制成的器件能阻挡激光脉冲,同时容许普通不太强的光透过而又几乎不发生变化。

## 2. 采取适当的观察方式

间接观察是保护高价值目标(如坦克、直升机和飞机)中人眼的一种重要方法。如果利用间接观察装置——电视系统、热象仪或面罩式光增强夜视眼镜,而不直接用眼睛观察战场、跟踪和射击目标,当敌方发射低能激光时,在电光装置内光路的某个位置上激光被转换成电信号,然后又转换成光,从而使激光不能进入眼睛,保护视觉免受伤害。但电光装置内的对光灵敏部分可能被损坏或致盲。

此外,利用地形将头部降低,把对战场的观察次数和时间限制到最低限度;利用眼罩或通过管子观察,把视场减小到执行任务所绝对必需的大小,都是尽量减少激光对人眼伤害的可能办法。

应该指出,在战场上应尽量不使用直接观察装置,因为这些装置能放大入射激光,从而对眼睛造成更大伤害。如果必需使用光学放大装置,则要采取相应的防护措施,如在光学望远镜中加装激光滤光片等。

## 3. 几点看法

(1) 由于世界各国目前都十分重视激光致盲武器的研究,预计激光致盲武器不久将会投入战场使用。因此战场低能激光的威胁将会日益严重,战场激光防护问题的研究就显得十分紧迫。

(2) 目前的吸收型、反射型和衍射型激光防护器材能够对付某些波长的激光,起到较好的防护效果<sup>[4]</sup>。

(3) 必须加强激光防护技术的研究,包括激光防护原理、方法和器材的研究,特别要重视激光防护新材料的研究,使新一代的激光防护器材早日为我们所用。

(4) 目前激光防护技术的研究还处在初级阶段,我们应该引起足够重视,时刻注意先进国家的研究动态,赶超世界先进水平。

# 光电装备的光学窗口激光变换特性研究

王学楷

(西南技术物理研究所, 成都, 610041)

**摘要:** 本文提出一种方法, 利用激光扫描战场上光电装备光学窗口并研究其对激光的变换特性, 从而建立这些光电装备的变换特性数据库, 它在未来的光电对抗(尤其是战术激光武器)、激光主动侦察和识别以及激光雷达等领域将发挥重要的作用。

**关键词:** 光学窗口 激光变换特性

## Laser transformation characteristic research of optical windows in optical-electrical apparatus

Wang Xuekai

(Southwest Institute of Technical Physics)

**Abstract:** In this paper, it is suggested that the optical window of the optical-electrical apparatus is scanned with a laser beam to find the laser transformation characteristics of the window for recognition of the optical-electrical apparatus. It is the fact that each optical-electrical apparatus has some inherent laser transformation features. Based on the fact, a data base of the transformation features of the optical-electrical apparatus can be established. It will play an important role in these fields of the optical-electrical countermeasure, laser active recognition and laser radar.

**Key words:** optical window laser transformation characterization

### 一、引言

光电对抗在现代战争起着极其重要的作用, 这已被历次现代实战所证实, 也为越来越多的国家和军事家们所认识。但是, 要实施光电对抗, 单有措施和手段还不够, “知己知彼, 方能百

### 参 考 文 献

- 1 王泽和. 舰船光学, 1992; (2): 22~ 27
- 2 胡江华, 周建勋, 张保民. 红外与激光技术, 1994; (6): 1~ 3
- 3 张承铨主编. 国外军用激光仪器手册, 北京: 兵器工业出版社, 1989: 452
- 4 David J. L., Peter E. Another look at saturable absorbers for laser eye protection. Proc. SPIE, 1207: 193~ 201

\* \* \*

作者简介: 胡江华, 男, 1965年8月出生。博士。现从事光电子技术及其应用、光电对抗技术、多传感器信息融合等方面的研究工作。

收稿日期: 1995-05-15 收到修改稿日期: 1995-12-05