

# 光电有源干扰技术与系统

王晓铭<sup>1</sup>, 郭劲<sup>2</sup>, 苗用新<sup>2,3</sup>

(1.海军驻上海地区航天系统军事代表室, 上海 200235;

2.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033;

3.中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:**本文介绍了各类激光有源干扰设备的工作原理和特点, 简要分析了某些设备的改进方法。最后讨论了激光有源干扰设备的现状及未来的发展趋势。

**关键词:**激光; 光电对抗; 有源干扰; 概述

**中图分类号:** TN972+.1

## EO Active Jamming technology and Equipment

WANG Xiao-ming<sup>1</sup>, GUO Jin<sup>2</sup>, MIAO Yong-xin<sup>2,3</sup>

(1. Aeronautical Military Representatives Office of Navy in Shanghai, Shanghai 200233;

2.Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;

3.Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** The working mechanism and features of active laser jamming equipment are introduced. Also discussions of the improvement of some equipments are presented. Finally, the current situation of the laser active jamming equipment is described.

**Keywords:** laser; EO countermeasure; active jamming; discussion

## 1 引言

在军事领域, 伴随精确制导技术的发展与兴旺, 光电有源干扰技术也取得了飞快的进步。自激光器发明以来, 经过近 50 年的发展, 目前从紫外一直到中远红外波段, 几乎在各个波段内都已经拥有

了可以选用的实用型激光器作为干扰源。随着大功率、高光束质量的激光技术的进步, 以战场防空激光对抗武器和反卫星激光武器为代表的激光有源干扰技术与装备有了更加迅速的发展, 并逐渐成为光电有源干扰技术的主流。本文将对激光有源干扰技术与装备的发展现状及趋势做进一步的研究和探讨。

## 2 光电对抗

激光技术已经在光电对抗中得到了广泛的研究和应用,能够以各种不同的方式打击目标,如对目标光学系统的致眩打击(见图1)或远距离的切割、熔焊目标体(见图2)。上述2类打击方式对激光技术的要求主要有以下几点:(1)匹配目标的识别;(2)移动目标的追踪;(3)持续提供激光能量实现预期打击效果。激光致眩和激光破坏2种打击方式对激光能量的要求有很大差别,激光致眩需要的能量不到几瓦,而激光破坏需要的能量则要几十,甚至几百、几千千瓦。

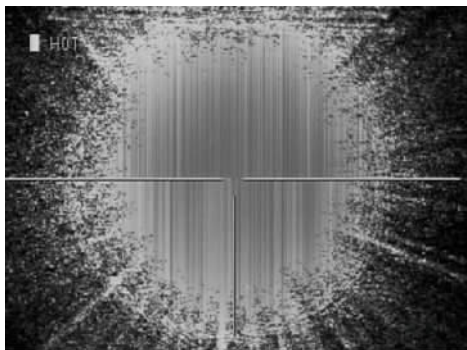


图1 目标光学系统的激光致眩



图2 目标的激光破坏

### 2.1 对抗机理

激光对抗系统有2种基本的对抗机理(见图3):带内(in-band)对抗和带外(out-of-band)对抗。

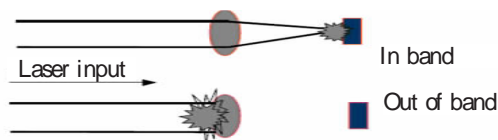


图3 激光对抗系统的基本对抗机理

#### 2.1.1 带内对抗

这种对抗相对较复杂,需要了解目标的一些相关信息。对抗时至少要具备以下2个条件:(1)传感器正对对抗系统;(2)目标光学组件相对于激光波长是透明的,也就是说激光能量能传输给探测器。这种对抗机制的干扰效果可以分为:致眩、欺骗、传感器饱和等。

#### 2.1.2 带外对抗

带外对抗具有更大的操作灵活性,因为它不依赖于目标内部的信息,而是依靠激光自身的输出特性。这种对抗的基本机理就是使目标的光学组件或子系统快速吸收光子能,最终使其被破坏。破坏形式包括:破裂、剥落、冲击效应、熔化、汽化等。

## 3 国外激光对抗技术的发展现状

美国导弹防御局(MDA)导弹防御空间试验中心(MDSEC)负责的近地红外(NFIRE)卫星原本被设计为一种小型天基传感器平台,用于区分弹道导弹火焰羽流和导弹自身。现在军方要把它改造成一种反卫星武器。2006年,MDA开始研制在NFIRE上安装一个小型“打击装置”,这个装置利用物体穿越地球低轨道时产生的巨大动能(运行速度是子弹的7倍)打击乃至摧毁附近的导弹或卫星。根据2007年2月MDA的预算申请,MDA计划于2008年发射NFIRE,在其上加装射程在10 km以内的拦截器并进行直接碰撞的天基拦截试验。

美国的ARMS计划是要研制一个双口径的激光中继试验台,计划的最终目的是开发低轨天基镜系统,它将影响未来一代激光武器的设计。2005年,ARMS完成了超轻量高能激光反射镜性能评估试验和实验室演示试验,试验结果实现了全部的硬件和软件目标。2006年6月在星火光学靶场进行了

ARMS演示试验,高4.5 m的 ARMS悬吊在30 m的空中(模拟 ARMS悬于飞艇下放时的环境),位于地面的激光器向相距几英里的 ARMS的2面直径为0.75 m的反射镜中的1面发射低功率激光,另一面反射镜将激光中继传输到3.2 km外的地面目标上,成功演示了 ARMS将激光重新定向的能力,标志着该系统的研制取得重大进展。此次试验的 ARMS尺寸只有目标系统的一半,最终的实战型 ARMS将由飞艇、长航时飞机或空间飞行器搭载,与陆基、空基和海基高能激光器配合使用,摧毁弹道导弹、卫星等目标。在该试验之后,AFRL的研究人员将致力于减轻 ARMS的重量;发展目标识别和多波束处理能力;并有可能通过光学转换来实现针对打击某个战术目标试验需求的更高功率。

2002年6月,美国退出反弹道导弹条约,重新考察以前被放弃的导弹防御概念。2005财年MDA重新把该项计划提交国会并且得到了1 006万美元的拨款,研究内容包括方案分析、演习和轻型拦截弹部件的前期研制和测试等几个方面,这也是天基拦截计划自1993年后的第1次启动,MDA计划在2008~2009年进行第1次天基试验。2006和2007财年,虽然美国国会没有对天基拦截弹(SBI)试验床进行拨款,但是MDA并没有放弃SBI技术的研究,并把该技术隐含在微卫星计划中秘密发展。MDA的微卫星计划包括3项内容,其中第2项微卫星推进试验(MPX)其实质就是研制SBI计划的关键技术。2007年2月,MDA为2008财年的SBI试验床申请了1 000万的预算,MDA认为2008~2009年对SBI试验床的研究至关重要,甚至将决定今后是否会部署SBI。随着近年来美国太空政策的改变,该计划预算批准的可能性非常大。MDA计划在2012年研制3~6枚SBI,完成SBI试验床计划。

美国的机载激光器(ABL)计划也已取得重大成果。空军菲利普斯实验室已经研制出了功率为25 kW的氧碘化学激光器;利弗莫尔国家实验室研制出了机载或无人机机载的小型固体激光器,这是比柚子还

小、输出功率达到1 kW、工作波长为1.06  $\mu\text{m}$ 的固体激光器。美国在近期还将从俄罗斯引进有关的激光技术,将激光器功率提高到几兆瓦,达到可以拦截100~150 km远的助推段导弹的水平。美国和以色列合作研制了车载鸚鵡螺战术高能激光武器,用以拦截火箭弹、远程防御系统漏网的战术弹道导弹、巡航导弹、反辐射导弹、无人机、固定翼飞机和直升机等多种目标。它使用兆瓦级氟化氙中红外化学激光器,对32 km外发射的导弹,激光器可在20 km或更远处使导弹的导引头失灵,而如果是火箭弹则可在5 km以外将其击毁。鸚鵡螺激光武器系统装在布雷德利战车或重型越野车上,装填一次燃料可进行50次射击,小型化后还可上舰或直升机。该系统可与美国的战区高空区域防御系统(THAAD)、PAC-3爱国者和中程扩展防空系统等导弹防御系统协同作战。

LAIR(Lamp Augmented IR)舰载红外干扰机是洛拉尔公司根据该公司与美国海军研究实验室(NRL)签订的合同研制的,它是洛拉尔公司机载红外干扰机的改装型。改装后的干扰机尺寸增大,干扰源为钨灯。美国海军研究实验室重视发展舰载红外干扰机,其原因是廉价的双色或双调制红外寻的器即将广泛用于反舰导弹,它们能够有效地测出舰外红外曳光弹的温度,转而追踪真正需要打击的目标。

AN/ALQ-204斗牛士(Matador)强光灯型干扰机也是洛拉尔公司研制的,已装备在美国总统专机、英女王座机和其它国家的首脑、要人专机上。它采用脉冲调制灯和复合干扰码。基本系统包括:能够同步工作的多部发射机和控制器单元,每部发射机具有4~12 kW的红外辐射能力。

诺斯洛普公司所生产的MIRTS型红外干扰系统,采用一个多头蓝宝石灯,模块化结构,既能机内安装,又可吊舱安装,工作波长为3~5  $\mu\text{m}$ 和8~14  $\mu\text{m}$ ,全方位干扰。

#### 4 激光对抗技术的未来

在光电对抗中的应用中,激光技术的价值可以

得到充分的体现。激光器已经从为武器配套的辅助角色发展成为可以独立作战的新概念武器系统。随着技术的发展,光电对抗设备经历了从软干扰到软、硬兼备;从地面到空中;从近程到远程等一系列发展过程。当然,激光技术在光电对抗领域的应用还面临着一些技术问题,主要体现在以下几个方面:(1)尚不具备足够的中远程硬杀伤能力;(2)对传感器干扰能力有限,不能有效应对目标激光加固技术;(3)高功率设备体积大、重量沉,难于配置高性能平台;(4)高功率激光设备存在冷却问题等。

飞速发展的激光技术已经使许多光电对抗系统的性能得到了明显的提高,预计今后激光技术在光

电对抗设备中的应用将更加普遍,激光器的功率和各项性能也将不断得到提高。现在激光的波长已经可以覆盖从紫外到远红外的所有波段,为光电对抗技术的应用提供了很大的选择性。

随着对抗目标技术水平的发展,光电对抗设备对激光技术的要求也越来越高。为满足多重威胁对抗闭环系统的需要,应该着眼于可调谐激光技术的开发。它能提供对抗系统的干扰能力,以及对不同传输通路的适应能力。对抗设备的生命力在于干扰波长的可变性,发展新型可调谐或变波长激光对抗技术将成为光电对抗技术发展的主题。(No.8)

### NTT 开发出低能耗超小型光内存 通过光学结晶实现 150 ns 存储持续时间

日本电信电话(NTT)宣布,在采用光学结晶的光内存中,实现了最长 150 ns 的存储持续时间。通过使用 InGaAsP 作为光学结晶材料,使存储持续时间达到了该公司采用硅材料时(2.5 ns)的 60 倍。光限域强度的指标——Q 值最大为 13 万。存储保持所需偏置光的最小功率为 40  $\mu\text{W}$ ,降低到了原来使用半导体激光器时的几十分之一。

光学结晶通过在半导体等材料上加工具有接近光波长的周期性微细结构,可实现光限域效应。此次开发的产品是在厚 200 nm 的半导体结晶上,以 420 nm 周期呈三角状设置了直径 200 nm 的气孔。通过在其中一列上设置没有气孔的直线状区域,作为导波路。在其两侧与气孔位置错开数 nm 设置一块较大的区域,将该区域作为共振器。共振器的光被封闭的区域的体积仅为 0.1  $\mu\text{m}^3$  左右。内存开闭状态的转换利用光使物质的折射率发生变化的“光非线性性质”所引发的光双稳态现象。

NTT 原来通过硅材料的光学结晶共振器来确认光双稳态动作,不过持续时间极短,仅 2.5 ns,不能作为光内存使用。InGaAsP 材料与硅材料相比,光非线性较强,与硅材料相比不易进行加工,因此此前要想高效制作能够封闭光的光学结晶较为困难。此次在使用 InGaAsP 材料的同时,采用了高精度加工技术,从而实现了高性能的共振器。

为了将此次开发的技术应用于开关及内存等光信息处理芯片,今后还需要优化共振器的结构及材料参数,进一步延长内存持续时间。将来还需要进行内存集成化及位串寻址等的技术开发。