

美国固体激光武器的发展分析

孙成元

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘 要:介绍了美国固体激光武器的发展历程以及装备的研制、改进情况,指出了在现代战争中发展固体激光武器的优势和重要性,重点探讨了几种固体激光武器的性能及其特点,最后论述了美国固体激光武器的应用与发展分析。

关键词:固体激光武器;应用;发展分析

中图分类号:TN97 **文献标识码:**A

Development Analysis of the America Solid-state Laser Weapon

SUN Cheng-yuan

(Northeast Research Institute of Electronic Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: The process of development of the America solid-state laser weapon and equipments in all countries over the world and its modification are described. The technique performance and properties of several solid-state laser weapon are analyzed; and the application and development analysis of the America solid-state laser weapon.

Key words: solid-state laser weapon; application; development analysis

1 引 言

激光武器以光速将高能量激光发射到目标表面,通过毁伤导引头等关键部位,或穿透飞行物壳体,将其击落、引爆战斗部、燃料,使其空中爆炸等,在转瞬之间完成毁伤任务,可以有效地对抗包括飞机、导弹、制导弹药在内的现有和即将出现的各种空中威胁,不仅可以实施迎头攻击,还可以完成横向攻击、追尾攻击等常规火炮、导弹难以实现的攻击。激光武器没有瞄准提前量的问题,因此反应快,还能有效地防御低空入侵的飞机、掠地飞行的巡航导弹、突然跃升的直升机等常规火炮、导弹难以对付的目标。特别是固体激光武器,可以装载在地面机动平台上,伴随地面机动部队作战;在一个射击周期中可以射击几千次;不需要弹药补给,可减小后勤负担;与化学激光武器相比,不产生危险的化学排放物。而且,激光武器不仅可以完成对空作战任务,也可以执行对地面目标的直接攻击任务,如可以直接毁伤坦克

和地面堡垒的观察窗口,使其成为瞎子,丧失战斗力。固体激光武器还可以装载在舰船上,作为海军防御反舰导弹、飞机攻击的武器;经过进一步发展和小型化,还可以装载在飞机上,执行空-空攻击、护尾自卫等任务。本文就固体激光武器、发展动向、发展分析等,作进一步的研究和探讨^[1]。

2 固体激光武器

由于兆瓦级超强功率固体激光器以及高速智能控制环的研制成功,具有了超距攻击性激光雷达,可以在激光雷达检测到目标后的瞬间直接将其摧毁。激光雷达是主动性雷达,比传统的电磁雷达更具优点,隐形飞机在它的千里眼中会暴露无遗^[2]。

(1) 研制小型机载或无人机载固体激光武器。用于拦截(100~150) km处的助推段弹道导弹,最

作者简介:孙成元(1975-),男,硕士研究生,工程师,研究方向为电子工程技术。

收稿日期:2007-12-30;**修订日期:**2008-01-29

终目标增加到(400~500)km。美国海军研制用于对抗掠海巡航导弹的舰载激光武器。

(2)美国重视固体激光武器的发展。美国防部又增选达信系统公司参与“联合高能固体激光器”(JHPSSL)的竞争。JHPSSL可能发展成地面战车、无人机和其他平台用的武器。激光武器面临的竞争,不仅是功率要大,而且激光束质量要高,还要能够装到战术飞机和地面战车上。雷声公司正在发展攻击小型空中目标(如巡航导弹、攻击机等)的高功率固体激光器。该公司计划将现有的25kW固体激光器放大成100kW激光器,并采用相位耦合镜片,对激光器自身产生的光行差和由发射平台与目标之间的大气造成的光行差进行修正。该激光器经过小型化之后可装备战术飞机,可直接向目标发射激光,也可经由装在系留气球或无人机上的计算机控制的中继镜片,将平台发射的激光引向所需攻击的目标。L-3通信公司已向波音公司交付了光束指挥炮塔(BDTA)。BDTA属于机载先进战术激光器(ATL)项目。ATL是美国防部实施的一项ACTD计划,旨在加快这项很有前途的军事技术的研制和使用验证。

由于固体激光器体积较小,因此它能够装备在战斗机、无人机甚至“悍马”吉普车上,可以机动作战。它打击的目标包括炸弹、迫击炮弹、地对空导弹甚至巡航导弹等。

弹道弹头可以以20马赫的速度打击目标,但它的发射准备需要几分钟时间,飞行过程还需要几分钟。而激光武器则可以86万马赫的速度飞向目标,让敌人根本没有时间防御或躲避。由于使用了先进的高能二极管,新型固体激光效率非常高。

(3)固体战术激光武器系统。它能够打击多种目标,适于车载、舰载和机载,适用于陆军、海军和空军等多兵种,是一种新型、有效的野战防御武器系统。可以发展成为满足各军兵种不同使用需求的新型武器装备:

1)作为天基反导武器。激光武器可以攻击各种卫星、战略弹道导弹等。还可组建成为天对地、天对空、天对海的打击系统,攻击一切陆海空的点目标。

2)作为地基防空武器。以远距离雷达为侦察手段,攻击空中目标,包括飞机、弹道导弹、巡航导弹,甚至打击天基武器。可以有效地实现国土防空和反导。

3)作为机载武器,是争夺制空权的利器,成为

导弹防御系统的一部分。可以攻击导弹,拦截助推段的战区弹道导弹,并有能力完成压制敌方防空、保护高价值空中资源、成像监视等任务。

4)作为水面舰艇和陆上装甲车辆的反导和短距离防空武器。攻击反舰导弹、反坦克导弹,也可成为短距离打击敌方舰艇和装甲车辆的武器。

(4)战斗机载固体激光武器。美国空军研究实验室制定的5年目标是发展100kW固体激光器。已经确定装载固体激光器的第一个可能的平台是F-35“联合攻击战斗机”。战斗机的发动机除了产生推力以外,还可以产生巨大的电力,因而是固体激光器的理想平台。这种战斗机载激光器的初型,用于致盲临近的导弹,特别是热寻的或光学制导导弹,也可以攻击其他战斗机的易损部位,如加热燃料箱、导弹、飞行控制系统、以及使飞机不能继续作战的部位。

3 发展动向

(1)2007年雷锡恩公司宣布“成功试验了固体激光武器系统”。新型激光系统“综合了密集阵武器系统的现有成功技术和威力,能够在实战防御距离摧毁火箭、迫击炮弹和导弹”^[3]。

雷锡恩公司的“固体激光区域防御系统”(LADS)在地面静止状态试验中成功在六百米的距离摧毁了一枚来袭迫击炮弹。

美国陆军拨款7100万美元由诺思罗普公司继续“反火箭、火炮、迫击炮”(C-RAM)项目的改良工作。

一旦目标被确定,指挥控制系统(C²)对受攻击的部队发出及时和准确的告警。同时,C²系统把跟踪数据传输给拦截系统进行拦截。

诺思罗普公司太空技术部宣布,该公司被美国国防部选定与“联合高能固体激光项目”合作,发展固体激光技术(100kW),并进行了多次成功的试验。诺思罗普公司成功完成了高可靠性导向照明激光发生器,多次进行了高能激光束发射试验,并与波音公司的“空中激光试验平台结合,成功进行了多次空中激光发射试验”。

(2)美国诺思罗普·格鲁曼公司在位于加利福尼亚的雷东多比奇地区的新工厂内开始生产100kW级的固体激光器,这是世界上第一个已知的高能激光武器生产厂。报道称,预计这种激光武器将在2008年进行测试,它具有很强的机动性,可安装在移动平台上,并在战役范围内击落诸如炮弹和战机之类的空中目标。

当前要生产的是用于导弹防御系统的陆基激光武器,主要是战术性的,用于太空实战还有一段距离,功率上还有 10 倍以上的功率差距,但针对火箭和导弹的激光武器只是为了证明其研制的功效。

(3) 美国陆军正在购买的能够阻碍导弹对直升机攻击的激光干扰机系统首先运用红外传感器追踪来袭导弹,然后发射高功率多波段热激光拦截导弹。BAE 系统公司电子战部门正在根据美国陆军授予 5700 万美元的合同研发先进热红外对抗(ATIRCM)系统,其中 4000 万美元用于多波段激光器,剩下的 1700 万美元用于在 2010 年测试 ATIRCM 性能。

ATIRCM 可与现用于所有美陆军飞机的紫外曳光弹投放器(通用导弹告警系统)协同工作。陆军计划将 ATIRCM 连同 CMWS 一起装备到陆军所有的航空平台上,包括“黑鹰”、“支奴干”和“阿帕奇”。ATIRCM 的激光拦截机能够为直升机带来新一代对抗性能。

小型易操作直升机如“支奴干”将受益于 ATIRCM 的远处拦截导弹功能。此外,通过消除 CMWS 的噪声,带有消声器的 ATIRCM 能够使得直升机隐蔽地在敌方领土进行自我防御,BAE 公司已经为现飞行于伊拉克和阿富汗的飞机开发和安装了 850 部 CMWS 组件。CMWS 的紫外探测系统可用于探测敌军导弹发射散发的烟雾。

(4) 美国诺斯罗普·格鲁曼公司在新激光武器工厂生产的第一个高能增益模块通过了 JHPSSL 阶段 3 关键设计评审,超越了所有演示需求,JHPSSL 阶段 3 一共有 32 个增益模块,这种模块是 100kW 固态激光器的核心部件。

(5) 美国比桑是洛斯阿拉莫斯国家实验室的威胁分析主任,此前曾是美国空军上校和定向能研究的专家,他认为目前固体激光器的研究和使用的正显现出良好的前景。他说,固体激光器只需 25kW 量级的功率,就可以在实际的战术中应用,而这种量级在未来 5 年内是不难实现的。

诺斯罗普·格鲁曼公司是固体激光器技术领域的领先者之一,目前正在极力说服军方在战斗机、无人机甚至 F-35 等各种飞行器上装备这种激光器。

比桑承认,在上述飞行器上装备固体激光器和光学系统会有一定困难,但在先进战术激光器(ATL)飞机上探索用固体激光器取代化学激光器将是非常有价值的。

(6) 美国 Aculight 公司获得一份 3 年期合同,准备批量生产用于军用、民用飞机自卫电子系统的固

态激光器。由空军研究实验室定向能武器开发小组开发的这一固态激光器技术用于未来飞机防御性红外对抗系统的中红外激光发射源。它能保护军用与民用飞机不被热寻的导弹摧毁。

(7) 美国诺斯罗普·格鲁曼公司计划 2008 年下半年进行 100kW 级的高能固态激光器演示验证,同时该公司也表明,只要军方继续增加对定向能武器的投资力度,高能固态激光器可在 4 年内投入实用。

目前该公司已经完成了为联合高能固态激光器研制的第一个增益模块的演示验证,验证时增益模块的功率超过 3.9kW,持续时间超过 500s,效率约为 20.6%,而 100kW 级激光器共需 32 个增益模块。该公司认为,尽管军方对定向能武器有浓厚的兴趣,但投资并不多。现在该公司正在竞标美国陆军的车载 100kW 级固态激光器的技术演示验证合同。该公司还透露,虽然 100kW 级的定向能武器需要约 600kW 的电力支持,但对现代飞机来说,提供 1MW 的电力已经毫无问题。

(8) 波音公司成功演示了可应对战区简易爆炸装置(IED)和未爆炸武器(UXO)威胁的“复仇者”激光器系统。在 2007 年 9 月 26 到 27 日的激光发射试验中,“复仇者”激光器摧毁了 5 个 IED 和 UXO 目标。“复仇者”激光器装备了 1kW 固体激光器,系统可在远离目标的安全距离外操作。在试验中,系统还摧毁了两架静止在地面的无人机。“复仇者”激光器由波音公司自己提供经费研发,系统的开发仅用了 8 个月。“复仇者”激光器的激光切割可用于对抗 IED 和 UXO,它还可升级为对抗低空飞行无人机等目标的系统。

从有关资料看这个“复仇者”激光器显然是新的激光武器,威力也远不如 MTHEL 机动高能激光武器的第三阶段计划装备的武器。第三阶段的 MTHEL 机动高能激光武器不只是可拦截小口径火箭弹/迫击炮弹/低空飞行无人机等低速目标,还可以拦截大口径火箭弹/飞机/导弹/榴弹炮弹/坦克炮弹/等高速目标。

4 发展分析

发展固体激光武器具有三个优势,但为达到实战要求,还需提高激光器的功率^[4]。

(1) 发展固体激光武器,具有三个优势:一是固体激光器的优势;二是技术优势;三是应用优势。

1) 固体激光器的优势。在激光器军事应用的过程中,固体激光器可算是后起之秀。在 20 世纪

90年代,研制出大功率二极管激光器,用作固体激光器泵浦源固体激光器才在各种军事应用领域显出优势。

2)技术优势。经过多年的发展,气体激光器和化学激光器已经非常成熟,但也暴露出很多不适用于军事应用的问题,如波长太长、操作复杂、体积庞大等。尽管很早就有激光器进行过打靶实验,但是到目前还没有一种能真正进入工程制造阶段。目前激光界和军方公认,固体激光器是今后大力发展的激光器类型。它输出波长短、有利于大气传输、适合远程作战的要求,能够方便地按比例放大到大功率,还具有体积小、使用灵活、转化效率高、采用电驱动、后勤保障简单等特点,能广泛应用于各种平台,是新一代激光器的杰出代表。

3)应用优势。在应用方面,中小功率固体激光器通常应用在常规武器中,如战术军用激光测距机、激光半主动制导航空炸弹和导弹等。而大功率固体激光器有潜力发展成为定向能武器用激光器,用于弹道导弹防御、战术防空、舰船自卫等。固体激光器将改变战场态势,将来它可能模块化生产,这样就非常方便的在各种作战平台上装卸,它甚至可以发展成便携式装备用于单兵作战。

(2)为达到实战要求,还需提高激光器的功率。

1)热容激光器,向更高功率的途径不是通过传统的方法来增加单脉冲的能量,而是通过提高脉冲的重复率来实现。采用热容型激光器,采用先进热管理技术(如高压气体、高压喷雾水泵、制冷系统、活性镜微通道技术、泵浦二极管基底的硅微通道板等),泵浦方式一般采用大功率半导体激光器泵浦。

2)对传统方法的钕玻璃激光器来说,向更高功率的途径,一是增加单脉冲的能量,二是通过热管理系统的改善有限地提高脉冲重复率,三是靠多路激光器集成进一步提高脉冲重复频率来实现。在大能量钕玻璃激光器的单脉冲输出能量已经达到较高水平(2000J)的前提下,后两种技术手段就成为向更高功率突破的有效途径。

3)将传统方法与热容技术相结合,改善热管理系统,采用急速加热的方式,将大部分热储存于Nd:Glass内,保证激光器能以1Hz、束散 $20\sim 30\mu\text{rad}$ 的变化率工作;采用多路激光器集成技术实现输出功率的提高(对每个脉冲2000J的激光能量而言,10管集成,10Hz工作,输出可达20kW;100管集成,100Hz工作,输出可达200kW)。

例如,美国陆军空间和导弹司令部的固体激光

器演示验证计划选用了固体热容激光器(SSHCL)技术,并在1997年与劳伦斯·利弗莫尔国家实验室(LLNL)签订研制了10kW固体热容激光器合同。这种高能激光器体积小、质量轻,可能成为美国陆军未来战斗系统(FCS)中的直接火力单元。美国陆军正在和空军、海军联合开发25kW级固体激光器。这项计划由美国空军研究实验室牵头,陆、海、空三军联合执行,于2007年研制出了100kW级固体激光器。LLNL在25kW级固体激光器竞争中一直处于领先的地位,已经生产出两种固体热容激光器:脉冲重复频率5Hz的光泵浦激光器,以及重复频率200Hz的二极管泵浦激光器。2004年5月的性能评估证明,二极管泵浦激光器能在1s内产生30kW的平均功率,但光束质量和持续时间仍需提高。

二极管激光器是固体激光器的技术支撑,对于后者的发展起到举足轻重的作用。无论是固体热容激光器还是光纤激光器,最终都会采用激光二极管作为泵浦光源。激光二极管本身的发光效率要比闪光灯高,而且是固体的,体积小、可靠性高、工作寿命长;尤其是它输出单色光,可以与激光器工作物质的吸收带理想匹配,因而光-光转化效率极高。

美国现已研制开发了超高效率二极管源(SHEDS),将二极管激光器的电光效率由50%提高到80%。并将多个激光二极管组合,实现高功率二极管泵浦固体激光器输出的技术。

5 结束语

美国陆军投资“联合高功率固体激光器(JHPS-SI)”项目,开发“军用级”固体激光器技术,其目的在于为美国三军,包括舰艇、有人和无人飞机以及地面战车高能激光器系统奠定基础。在未来现代化战争或局部战争中,用于防空反导的固体激光武器必将发挥更大的作用^[5]。

参考文献:

- [1] 任国光,黄裕年.机载激光武器的发展现状与未来[J].激光与红外,2005,35(5):309-314.
- [2] 胡绍云,钟鸣,左研,等.自适应光学在固体战术激光武器中的应用[J].激光与光电子学进展,2006,(02):25-28.
- [3] 钟鸣.车载固体战术激光武器系统[J].四川工兵学报,2005,(02):3-7.
- [4] 美国高能激光武器的新进展[J].光机电信息,2003,(11):19-22.
- [5] 姬寒珊,秦致远,赵东新.国外激光武器发展的经验与前景[J].激光与光电子学进展,2006,(5):14-19.