

文章编号:1001-5078(2007)05-0402-03

高功率非相干光纤激光组束方法的优化

胥 杰,赵尚弘,李勇军,占生宝
(空军工程大学电讯工程学院,陕西 西安 710077)

摘 要:为了增加光纤激光非相干组束的输出功率,针对光纤激光器阵列提出了优化的方法。利用多泵浦源提高单根光纤激光器的输出功率,利用二维光纤激光阵列排列增加参与组束的光纤数目。这两种方法都可以增加光纤激光器的组束功率,为机载战术激光武器的应用打下了基础。

关键词:机载激光武器;光纤激光器;非相干组束

中图分类号:E928.9 **文献标识码:**A

Optimization of High Power Incoherent Fiber Laser Combination

XU Jie, ZHAO Shang-hong, LI Yong-jun, ZHAN Sheng-bao
(The Telecommunication Engineering Institute, AFEU, Xi'an 710077, China)

Abstract: In order to increase the output power of incoherent fiber laser combination, the optimized methods are put forward, mainly concentrating on the fiber laser array. The multiple pump sources are used to increase the output power of single fiber laser, and the two dimensions arrange of fiber laser array increases the number of combining fibers. Both the two methods could increase the output power of combined beam, which would be the foundation of the application of airborne tactical laser weapons.

Key words: airborne laser weapon; fiber laser; incoherent beam combination

随着激光技术的飞速发展,激光武器也在军事领域得到了广泛的应用。传统的大功率激光武器光源主要是化学激光器和准分子激光器,但受到其体积和质量的限制,一般只能用于陆基和车载移动平台,激光武器的灵活性受到了极大的抑制。以美国为代表的西方国家正在致力于机载激光武器系统的研究,并已有了初步的实验论证,所采用的高功率激光光源仍然是化学激光器^[1]。考虑到光纤激光器输出功率的不断提高,结合光纤激光光源质量轻、体积小的优势,利用光纤激光组束技术可以得到满足软杀伤需求的低能激光武器光源,将其用于机载可大大提高激光武器的灵活性,具有很大的发展潜力。

1 组束方法及条件

目前光纤激光组束技术主要分为相干组束和非相干组束两大类。由于相干组束要求对组束激光的

频率和相位进行控制^[2],系统稳定性较差,而非相干组束的实现难度较小,且具有很好的系统稳定性,对高功率激光光源的模块,考虑采用简单易实现的非相干组束方法。

一般的非相干组束方法是利用衍射光栅的耦合效应,将多个组束光束合成一束光,得到高功率的激光输出,其基本结构如图1所示。

根据光栅方程^[3]:

$$\sin\beta - \sin\alpha = \frac{m\lambda}{d} \quad |m| = 1, 2, 3 \cdots$$

其中, d 为光栅沟槽间隔; α 为相对光栅表面法线的入射角; β 为 m 阶衍射波的衍射角。显然,只有特定

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60678018)。

作者简介:胥 杰(1980-),男,博士研究生,研究方向为光电对抗。E-mail: xujie1225@163.com

收稿日期:2006-10-08

波长、特定入射角的光束才能以相同衍射角输出,从而得到一束合成激光。

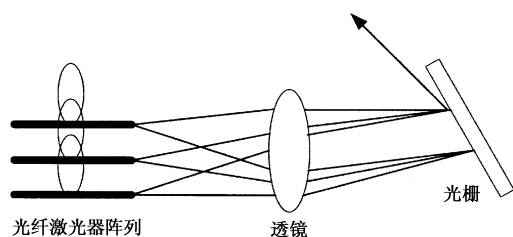


图1 非相干组束的基本结构

在不考虑光学系统结构和光学器件特性的条件下,提高组束功率只能从光纤激光器阵列着手。那么就只有两种可能的方法,一是提高单根光纤激光器的最大输出功率;二是增加可参与组束的光纤激光器的数目。下面从这两个方面分别提出优化方法。

2 对单根光纤输出功率的优化

光纤激光器输出功率不断提高,从以前的通信用毫瓦量级逐渐增大,尤其是随着双包层光纤激光器的出现,大功率光纤激光器更是层出不穷,输出功率已从几十瓦上升到几百瓦水平。但是,由于受到泵浦功率和受激布里渊散射等非线性效应的限制,单根光纤激光器的输出功率水平很难再有较大的突破。借鉴光纤激光组束的思想,利用多泵浦源^[4]代替单泵浦源,不仅放宽了对单泵浦源输出功率的限制,也大大增加了单根光纤激光的输出功率。多泵浦源结构如图2和图3所示。

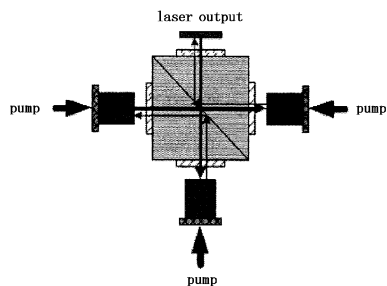


图2 三泵浦源泵浦结构

假定泵浦光源的输出功率约400W,忽略耦合镜的损耗,五泵浦源的合成功率约为2000W。只要光纤激光器的能量转换效率能达到50%,那么单根光纤激光器的输出功率就可达到1000W。多泵浦源结构还可进一步扩展,如图4所示。理论上只要双包层光纤的模场面积足够大,可以容纳足够大的泵浦光功率,而不至引起显著的非线性效应,那么泵浦源的个数还可以进一步增加,单根光纤激光器的输出功率还可进一步提高。需要注意的是,泵浦源个数的增加固然能在一定程度上提高光纤激光器的

输出功率,但是在泵浦源个数一定的条件下,究竟哪一种拓扑结构具有更高的泵浦效率还是一个需要解决的问题。

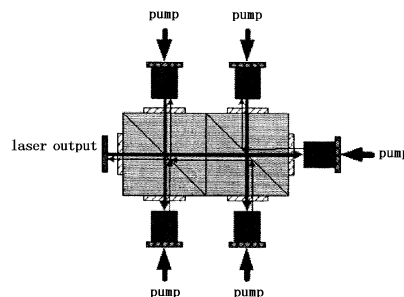


图3 五泵浦源泵浦结构

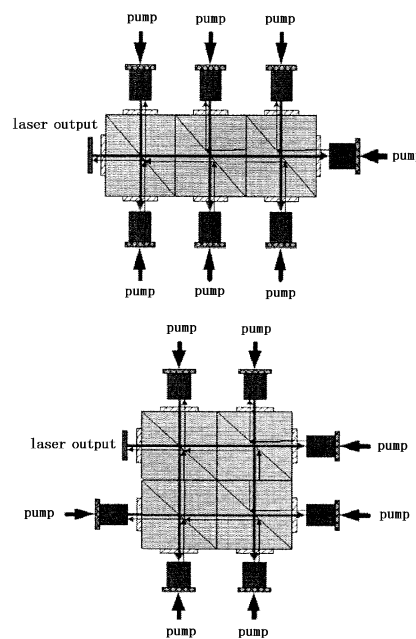


图4 七泵浦源的两种拓扑结构

3 光纤激光器阵列形式的优化

在对单根光纤激光器输出功率优化的条件下,考虑进一步改变光纤激光器阵列的排列形式,以达到在有限光学面积内尽可能大的参与组束的光纤激光器个数,达到提高组束功率的目的。

传统的光纤激光组束方法多基于光纤激光器阵列的线性排列,也即如图1所示。一方面,由于光学器件尺寸的有限,导致光纤激光器阵列数目的受限;另一方面,二维光学器件的有效利用面积小,与光纤激光器阵列排列方向正交一维的光学元件没有得到有效的利用。在光学元件如透镜等几何尺寸大小不变的条件下,如果利用线性光纤阵列完成三光束叠加,则利用二维组束方法^[5]可以完成五光束,甚至九光束叠加,虽然系统损耗会越来越大,但组束功率确实有明显的提高。二维组束方法的示意图如图5所示。

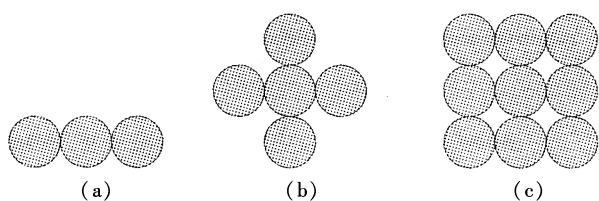


图5 二维组束方法的示意图

值得注意的是,一维线性光纤阵列的排列与后续光路的单光栅相对应,采用二维光纤阵列(如图5(b)所示)的排列为了让其正交一维的光纤激光也能有效耦合到输出耦合镜,需要增加一个与原光栅正交排列的光栅,此光栅完成正交一维光纤激光的耦合作用。另外,由于两种光线的正交性,还需增加一个平面镜,以完成光束旋转的作用,如图6所示。若采用二维光纤阵列(如图5(c)所示)的排列,则需要增加的光栅数目会更多,或者通过其他的光学元件才能达到有效光束耦合的目的。

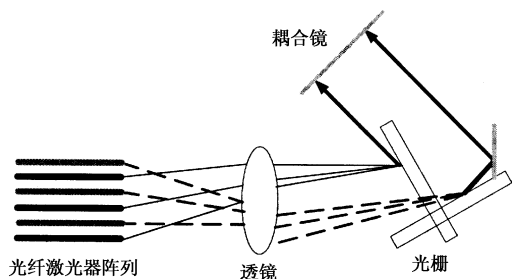


图6 二维光纤激光组束结构

4 结论

利用光纤激光组束可以获得更高功率的合成激光输出,通过多泵浦源多端注入,可以提高单根光纤激光器的输出功率,据报道目前已经达到2000W。此外,二维光纤激光束组束结构虽然增加了系统的复杂性,但可以在一定程度上增加参与组束的光纤数目,提高光纤激光组束的合成功率,为机械光纤激光器的战术应用提供了便利。

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] 肖瑞,侯静,姜宗福. 光纤激光器的相干合成技术[J]. 激光技术,2005,29(5):516-517.
- [3] T Y Fan. Laser beam combining for high-power high-radiance sources[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics,2005,11(3):573-574.
- [4] Xiaojun Li, Fei Luo, Steven Ippolito, et al. A technique for the combining of double clad optical fiber lasers[C]. Proceedings of SPIE,2003,4974:241-242.
- [5] Bing He, Qihong Lou. Beam combination of Yb-doped double-clad fiber lasers in an external cavity[C]. Proceedings of SPIE,2005,6019(5):47.

关于《激光与红外》网上稿件审理系统的说明

一、登录系统

登录激光与红外网站(www.laser-infrared.com),点击“激光与红外杂志”导航菜单即可进入系统页面。

二、用户注册

系统采用“邮件激活”的方式自由注册。填写个人基本信息要准确、真实,特别是通信联系方式要详实,以便及时联系。为确保您的E-mail准确有效,注册后,系统会很快通过E-mail发送“注册成功通知单”,按照系统提供的有关信息,打开“激活用户”网页点击“激活”命令按钮即可正常使用。

审稿人,可由愿意承担本刊审稿的人员担任,须经本人注册申请、编辑部审核同意后,即可开展审稿工作。

三、关于稿件

登录“在线投稿”系统后,通过“稿件管理”栏下的“稿件查询”菜单,可看到稿件的整个进程状态和审理记录,如果投稿后在此看不到新稿信息,说明投稿不成功,需重投。

不要使用“投稿”菜单投修改稿,否则系统将视为重复投稿。请通过“稿件管理”的“上传/下载修改稿”菜单,针对“退修”意见,下载上传修改稿:如果是作者本人要求修改稿件内容,请用E-mail通知编辑部,经系统“退修”后,按上述步骤进行即可。建议使用Ms Office2003 Word“工具”菜单下的“修订”功能修改稿件,以便查看修改记录,保证稿件审理进度。

由于其他原因,作者要求撤稿,请通过E-mail通知编辑部,系统将作“退稿”处理。