文章编号:1001-5078(2014)09-0998-02 ·激光器技术·

500 mJ输出人眼安全环形腔KTP-OPO激光器

穆 宇,包照日格图
(华北光电技术研究所,北京 100015)

摘 要:采用重复频率30 Hz、输出能量1.2 J的单模Nd:YAG激光器来泵浦非临界相位匹配的单共振环形腔KTP-OPO,实现了输出能量500 mJ、转换效率53%的人眼安全激光。可应用于激光测距、目标指示等应用领域。

关键词:KTP;环形腔;光参量振荡;人眼安全
中图分类号:TN248.1 **文献标识码**:A **DOI**:10.3969/j.issn.1001-5078.2014.09.009

Eye-safe ring cavity KTP-OPO with 500 mJ output

MU Yu, BAO Zhao-ri-ge-tu
(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

Abstract: Single mode Q-switched 1064 nm Nd:YAG laser with 7 ns pulse width, 30 Hz repetition frequency and 1.2 J output energy is adopted to pump single resonance ring cavity KTP optical parametric oscillator (OPO). A 1572 nm eye-safe laser that generated by KTP-OPO is achieved, the maximum output energy is 500 mJ, conversion efficiency is 53%. This laser can be used for laser ranging and target illuminating, etc.

Key words: KTP; ring cavity; OPO; eye-safe

1 引 言

自从20世纪80年代末非线性晶体的飞跃发展以来,由于参量振荡技术可较为方便地将基波波长频率变换到人眼安全波段或中远红外波段,成为国际激光学术领域的研究热潮之一。其中采用KTP-OPO方式实现人眼安全激光的研究,因为有明确的应用方向及成熟的泵浦光源,是大家追逐的热点。Rines[1]等人首次报道了输出能量450 mJ、波长1571 nm、转换效率41%的大能量人眼安全OPO激光器。Webb[2]等人采用环形腔KTA-OPO方式,实现了输出能量330 mJ、重复频率100 Hz、转换效率35%的人眼安全激光器。Foltynowicz[3]等人采用单模灯泵Nd:YAG激光器泵浦的KTA-OPO,实现了243 mJ、$M^2=15$的1533 nm人眼安全激光。本文提出了一种新颖的实验方案,即双棱镜自准直环形腔KTP-OPO,实现了输出能量达到500 mJ、装换效率50%的大能量1570 nm人眼安全激光。

2 实 验

产生人眼安全激光的方法很多,基本概括为以下三种:①通过激光晶体直接实现人眼安全激光输出。②通过拉曼效应进行频率变换,将基波转换到人眼安全波段。③采用参量振荡技术,将基波转换到人眼安全波段。由于符合前两种方法的激光晶体较少、且转换效率偏低,一般情况下都采用参量振荡技术,实现波长的转换。本文采用1064 nm激光泵浦的非临界相位匹配的单谐振KTP-OPO方案,通过特殊的环形腔结构,实现了高效率大能量的人眼安全激光。

环形腔KTP-OPO的泵浦源为美国continuum公司的GCR270系列灯泵浦Q开关Nd:YAG固体激光器,输出波长1064 nm、脉冲宽度7 ns、重复频率30 Hz、最大输出能量1.2 J。OPO谐振腔采用了双棱镜自准直单共振环形谐振腔,行波腔相对于驻波腔有

作者简介:穆 宇(1986-),男,本科,从事光电系统领域工作。
收稿日期:2014-03-27;修订日期:2014-06-06

以下优点:①在驻波腔中光来回振荡传播,而晶体只对一个方向满足相位匹配,这就意味着驻波腔的有效腔长要比行波腔长。而在其他参数相同的情况下,腔长过大会导致效率下降。②驻波腔中来回振荡的光很容易被反馈到抽运光源里,从而干扰甚至损坏抽运光源,而在行波腔中则不存在这个问题。

图 1 为环形腔 KTP-OPO 的实验光路图 S1 为 45°入射分光镜,膜系为 1064 nm HR、1570 nm AR。S2 为 45°入射分光镜,膜系为1064 nm HR、1570 nm OC(R = 30%)。S3 为 45°入射分光镜,膜系为 1064 nm AR、1570 nm HR。KTP 晶体的切割方向为 X 方向,匹配角为 R = 90°,φ = 0°,尺寸为 10 m × 10 mm × 20 mm。1064 nm 泵浦光入射到分光镜 S1,经 45°反射后经过 KTP 晶体及 BK7 棱镜,入射到分光镜 S2 实现 1064 nm 激光耦合输出,再经分光镜 S3 分光后实现 1570 nm 单波长输出。

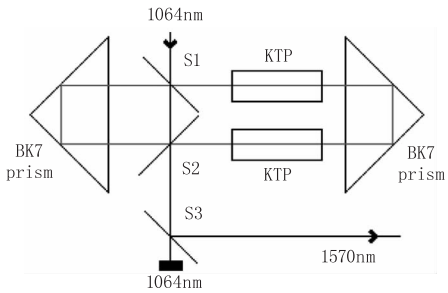


图 1 环形腔 KTP-OPO 实验光路图

Fig. 1 OPO schematic

3 实验结果

图 2 是 OPO 输出能量与泵浦能量间的关系曲线,泵浦光的光斑直径为 9 mm、脉冲宽度 10 ns,1570 nm激光的振荡阈值大约 400 mJ (60 MW/cm^2),最大输出量约 535 mJ(此时基波的功率密度为 150 MW/cm^2),最大转换效率(泵浦光 - 信号光)处的功率密度为振荡阈值的 2.5 倍左右。

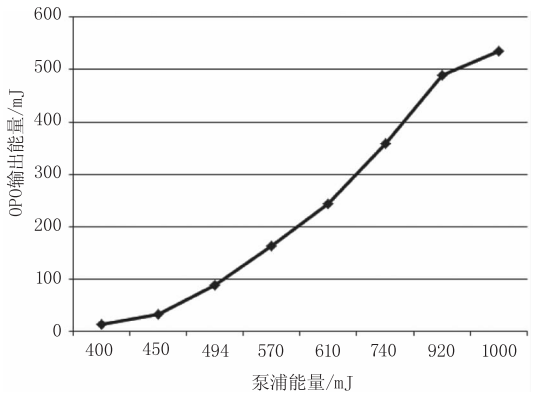


图 2 OPO 输出能量与泵浦能量间的实验曲线

Fig. 2 OPO output energy vs incident energy

图 3 是 OPO 转换效率与泵浦能量间的关系曲线,转换效率随着注入功率的增大逐渐趋于饱和,最大效率约 53%。饱和的原因为当 OPO 谐振腔内泵浦光功率密度过大时,将会导致信号光和空闲光复合还原成泵浦光的逆过程,转换效率下降。

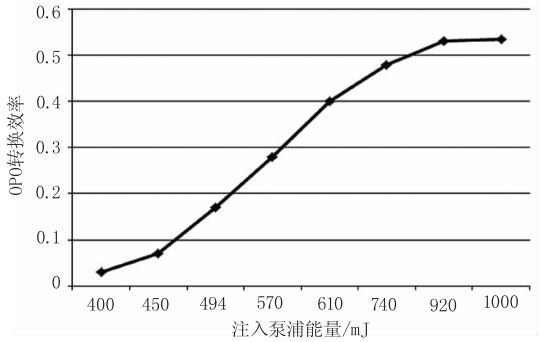


图 3 OPO 转换效率与注入能量的关系

Fig. 3 OPO efficiency vs incidfent energy

1570 nm 的光束质量的判定采用套孔法来测量激光的自然发散角,具体的方法为将一个焦距为 1m 的平凸透镜放在输出激光的光路上,通过测量透过光栏的能量为无光栏时的 86% 的光栏直径,精确判定激光的光束角。通过套孔法我们得到的 1570 nm 激光的光束角为 3.5 mrad。光束质量之所以不如基波,与 OPO 谐振腔的腔长、非线性晶体的热效应有关,可以利用对非线性晶体的温度控制或冷却的方法降低非线性晶体的热透镜效应,提高 OPO 的光束质量。

4 结 论

本文通过分析驻波腔和行波腔的特点分析,提出了一种双棱镜自准直单共振环形谐振腔方案。实验证明,棱镜腔 OPO 成功实现了非常高的转换效率,泵浦光到信号光的效率达到 53%。OPO 的振荡阈值大约 60 MW/cm^2,最大输出能量达到 500 mJ,随着注入能量的增加还会有所增加,但考虑到非线性晶体的抗激光损伤能力,没有继续加大注入能量。可以见到行波谐振腔对参量效率的提升较为明显,为今后大能量人眼安全激光的实际应用奠定了技术基础。

参考文献:

[1] G A Rines, D G Rines, P F Moulton. OSA proceedings series [J]. Advanced Solid State Lasers, 1994 (20): 461 - 463.

[2] M S Webb, P F Moulton, J J Kasinski, et al. High-average-power $KTiOAsO_4$ optical parametric oscillator [J]. Opt. Lett., 1998, 23(5): 1161 - 1163.

[3] R J Foltynowicz, M D Wojcik. Demonstration of a high output power 1533 nm optical parametric oscillator pumped at 1064 nm[J]. Proc. SPIE, 2010, 7838: 783815.