

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0064-02

高效率环行腔 1.57 μm OPO 激光器

包照日格图, 赵海霞, 周寿桓

(华北光电技术研究所, 北京 100015)

摘要 采用工作物质为非临界相位匹配的 KTP 晶体的环行腔 OPO, 获得了输出能量 20 mJ, 转换效率为 58% 的 1.57 μm 人眼安全激光输出。该激光器具有紧凑、简单、易于工程化等特点, 有利于在激光测距、激光雷达等领域的推广应用。

关键词 激光技术; 光参量振荡器; 环行谐振腔

中图分类号 TN248.4

文献标识码 A

High Efficiency Ring Resonator 1.57 μm OPO Laser

BAO zhao-ri-ge-tu, ZHAO Hai-xia, ZHOU Shou-huan

(North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015, China)

Abstract By using ring resonator of noncritical phase matching of KTP crystal, the output energy of 20 mJ in 1.57 μm eye safe laser is obtained. The conversion efficiency is 58%, the laser has the properties of compaction, simplicity easy engineering. This is propitious to extend application in the field of laser ranging and laser radar.

Key words laser technique; optical parametric oscillator (OPO); ring resonator

1 引言

由于光参量振荡器(OPO)的调谐简单, 范围宽的特点, 尤其, 从 20 世纪 80 年代末以来, 非线性光学晶体材料的飞跃进展, 使 OPO 技术成为研究热点。其中, 利用 OPO 技术获得人眼安全激光是 OPO 技术的一个重要应用方向。现今, 提高 OPO 转换效率是实用化中必须解决的关键技术。OPO 的高效运转要受抽运光的光束质量, 非线性晶体的非线性系数、走离角, 有效增益以及谐振腔与抽运腔之间的模式匹配、腔型设计等很多因素的影响。先前, 为了降低 OPO 的抽运阈值, 一般采用双程抽运(抽运光 2 次通过非线性晶体)的短腔长的稳定腔。稳定腔的主要优点是损耗低, 光束为沿谐振腔轴线分布的高斯光束, 参量振荡容易形成。但是, 驻波腔在腔内形成稳定振荡时, 由于空间烧孔, 降低整个激光器的平均增益系数, 不利于大功率运转。基于上面的分析, 我们将环行谐振腔应用到 OPO 激光器, 达到提高 OPO 效率的目的。我们采用环行腔技术, 在脉冲频率 20 Hz 下, 得到 1570 nm 能量 56 mJ、光光转换效率为 40% 的激光输出。

2 环行腔 OPO 转换效率的理论分析

对于长脉冲激光抽运的单共振 OPO 的抽运阈值, 可由下列公式计算^[1]

$$I_{th} = \frac{1.8}{kg_s^2(1+m)^2} \left(\frac{25}{2t_p c} + 2al + \ln \frac{1}{\sqrt{R}} + \ln 2 \right)^2 \quad (1)$$

取 $l=60$ mm, $g_s=0.85$, $L=100$ mm, $t_p=8$ ns, $R=70\%$, $a=0.01$, $m=0$ 时得到的抽运阈值为 $I_{th}=8$ MW/cm²。

单共振环行腔 OPO 的转换效率可表示为^[2]。

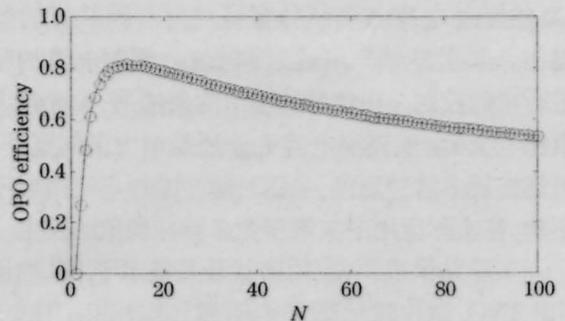


图 1 单共振环行腔 OPO 效率与抽运强度超过阈值的倍数之间的关系曲线

Fig.1 SRO ring resonator OPO efficiency as a function of the number of times above threshold

作者简介: 包照日格图, (1974-), 男, 蒙古族, 华北光电技术研究所博士研究生, 高级工程师。现主要从事可调谐激光器、光参量振荡器技术研究。Email: baokun2008@yahoo.com.cn

$$\eta = \frac{4}{N} [2(\sqrt{N}-1) \ln N] \quad (2)$$

其中, N 为抽运强度超过阈值的倍数。

由(2)式可以计算的效率曲线如图 1 所示。

从图 1 得到, 单共振环形腔 OPO 的转换效率有一个最大值。当抽运功率达到阈值抽运功率 12.5 倍时, 得到最大转换效率大约 82%, 其后效率逐渐下降。

3 实验研究

3.1 实验装置

其中, M_1 为 1064 nm 高透、1570 nm 高反射 30° 介质膜片; M_2 为 1570 nm 部分透过, 1064 nm 高反 30° 入射介质膜片; M_3 为 1570 nm, 1064 nm 高反射 30° 介质膜片; OPO 谐振腔为三角形环行腔结构, 腔长 100 mm; OPO 工作物质, 采用非临界相位匹配的 KTP 晶体, 尺寸为 4 mm×4 mm×60 mm。抽运源为 Q 开关 YAG 激光器, 脉宽 8 ns, 聚焦到 OPO 的光斑直径约 3 mm。

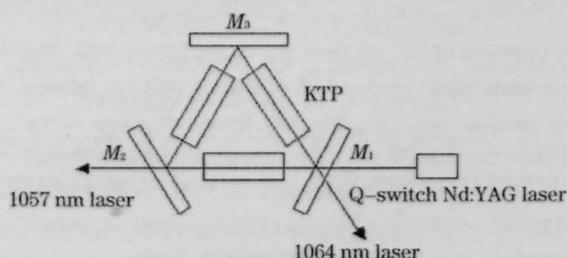


图 2 环形腔 OPO 实验装置

Fig.2 Experimental setup of ring resonator OPO

3.2 实验结果及其分析

图 3 为实验中测得的 OPO 转换效率与抽运强度间的关系曲线。抽运功率密度约为阈值抽运功率的 15 倍时, 得到最大的转换效率 58%, 此时 OPO 输出能量为 20 mJ。但随着抽运强度的继续增加, 效率开始下降。实验曲线基本符合理论计算。效率下降得主要原因是输出透过率设计没有达到最佳值, 进而造成增益饱和现象, 效率下降。

图 4 为 1570 nm 激光输出能量与抽运注入能

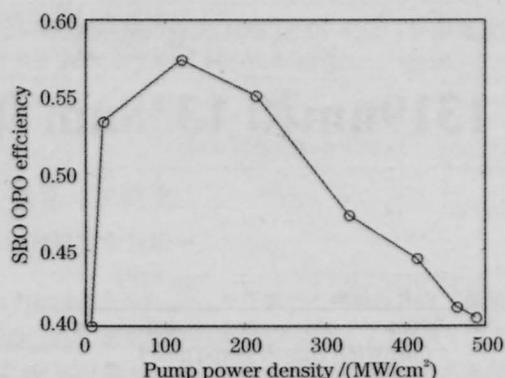


图 3 KTP OPO 的转换效率与抽运功率密度间的关系曲线

Fig.3 KTP OPO efficiency as a function of pump power density

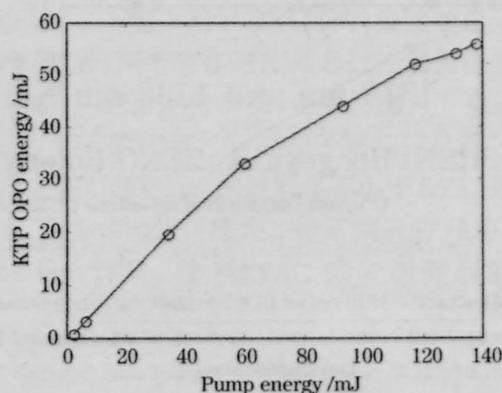


图 4 KTP OPO 输出与抽运能量间的关系曲线

Fig.4 KTP OPO energy as a function of pump energy

量间的关系曲线。阈值抽运能量为 2 mJ, 折合成功率密度约为 9 MW/cm²。阈值抽运强度稍微大于理论计算, 主要原因是计算时谐振腔的损耗没有全部考虑进去。在 1060 nm 注入能量大约 138 mJ 时, 获得了 56 mJ 的 1570 nm 激光, 光光转换效率为 40%。

参考文献

- 1 L.R.Marshall. Eye-safe output form noncritically phase matched OPO [J]. *J. Opt. Soc. Am. B*, 1993, 10(9):1730~1736
- 2 Herbert rabin, G L Tang. *Quantum Electronics: A [M]*. Academic Press. Inc., 1975. 104