

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<sup>[1]</sup>

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

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/cm<sup>2</sup>。

单共振环行腔 OPO 的转换效率可表示为<sup>[2]</sup>。

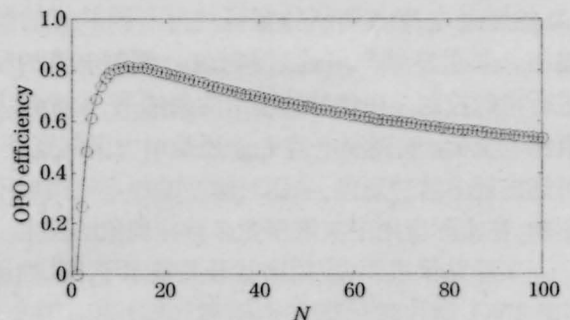


图 1 单共振环行腔 OPO 效率与抽运强度超过阈值的倍数之间的关系曲线

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。

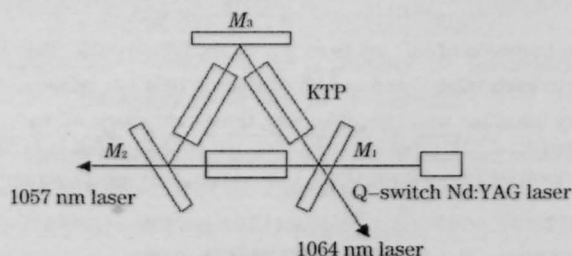


图 2 环形腔 OPO 实验装置

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

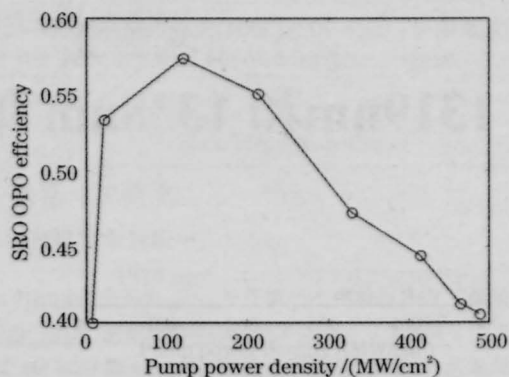


图 3 KTP OPO 的转换效率与抽运功率密度间的关系曲线

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

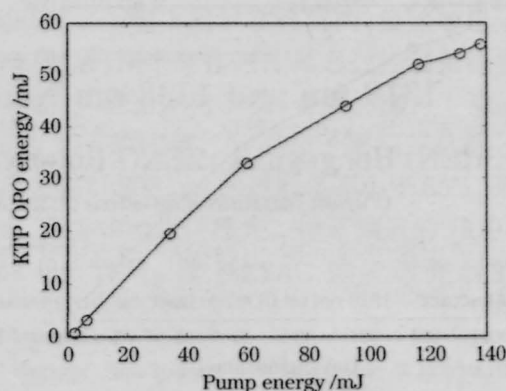


图 4 KTP OPO 输出与抽运能量间的关系曲线

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/cm<sup>2</sup>。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