

Ti:Mg:LiNbO₃ 晶体 70% 转换效率的二次谐波发生

徐观峰 郭永金 陈家蓉 李斌

周业为 曾传湘 谢健 王秀

(西南技术物理研究所, 610015)

(四川大学, 610064)

摘要: 本文报道用提拉法生长的掺钛掺镁铌酸锂晶体(Ti:Mg:LiNbO₃)用于Q开关Nd:YAG激光器1.06 μm辐射的腔外倍频,在单通情况下得到了高达70%的转换效率;而在双通情况下,转换效率为81%。

关键词: 掺钛掺镁铌酸锂, 倍频, 二次谐波发生

Second harmonic generation in Ti:Mg:LiNbO₃ crystal with 70% conversion efficiency

Xu Guanfeng, Guo Yongjin, Chen Jiarong, Li Bin
(Southwest Institute of Technical Physics, Chengdu)

Zhou Yewei, Zheng Chuanxiang, Xie Jian, Wang Xiu
(Sichuan University, Chengdu)

Abstract: This paper reports Ti:Mg:LiNbO₃ crystals grown by Czochralski technique have been used for external-cavity frequency doubling of 1.06 μm radiation from Q-switched Nd:YAG laser, where SHG single-pass conversion efficiency of as high as 70% has been obtained, while two-pass conversion efficiency is 81%.

Key words: Ti:Mg:LiNbO₃, frequency doubling, second harmonic generation

一、引言

对于非线性光学, LiNbO₃ 是一种有吸引力的材料,因为它具有大的非线性光学系数和良好的物理性能。但是固液同成分 LiNbO₃ 晶体(Li₂O 占 48.6 mol%) 在可见光和近红外波长易产生光折变。十年前,我们生长出的高掺 MgO:LiNbO₃ 晶体使光折变效应大大降低^[1], 并已广泛用于钕激光器 1.06 μm 辐射的倍频^[2]。

本文报道从熔体中用提拉法生长的钛-镁共掺铌酸锂晶体(Ti:Mg:LiNbO₃)用于Q开关Nd:YAG激光器1.06 μm辐射腔外倍频,在单通情况下,得到了高达70%的转换效率,而在双通情况下,得到了81%的转换效率,高于其它LiNbO₃晶体^[3,4]。

二、实验装置和方法

倍频采用 90° 非临界 I 类位相匹配方式。实验装置如图 1 所示。基波为 Nd:YAG 脉冲激光, 波长 $1.06 \mu\text{m}$, 用 BDN 染料片调 Q, 脉宽为 8 ns, Nd:YAG 激光棒尺寸为 $\phi 5 \times 50 \text{ mm}$, 基波经 90° 双输出格兰棱镜成为寻常偏振光, 并在双通倍频时耦合输出二次谐波。倍频晶体为 Ti:Mg:LiNbO₃, 位相匹配角 $\theta_m = 90^\circ$, 沿着 x -轴方向通光, y -轴水平放置 ($E // y$), 光学端面对基波和二次谐波增透, 剩余反射为 1% 左右。倍频晶体置于炉子中部, 通过微机控制炉子

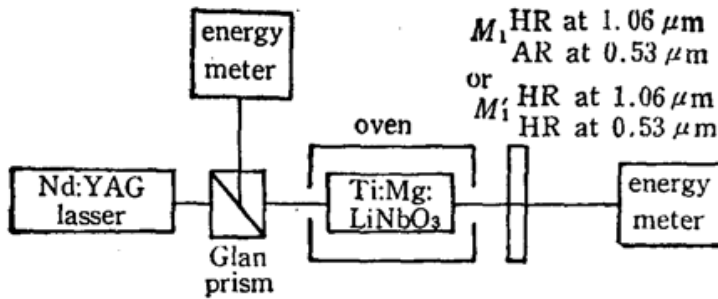


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental set-up

温度 (精度达 0.1°C)。通过调节倍频晶体温度实现负单轴晶 I 类位相匹配, 即满足 $n_o(\omega) = n_e(2\omega)$ 。M₁ 对基波全反, 对二次谐波全透。M₁' 对基波和二次谐波双全反。碳斗和检流计组成能量计。

上述装置是一种腔外倍频方式。当用介质膜片 M₁ 时为单通倍频, 当用介质膜片 M₁' 时为双通倍频, 因为基波第一次通过倍频晶体所产生的二次谐波与剩余的基波一起被 M₁' 反射回来再次通过倍频晶体, 这样一束 o 偏振的基波来回产生的 e 偏振的二次谐波一起由格兰棱镜从垂直于腔轴的方向输出。当去掉 M₁ 或 M₁' 并改变倍频晶体温度使之完全失配时, 就可以测出 $1.06 \mu\text{m}$ 基波的总输出。考虑到脉冲基波输出能量有一定的起伏, 本工作在电能量不变的条件下, 经过较长时间多次测量, $1.06 \mu\text{m}$ 基波能量起伏的均方差值在 4% 左右。

三、结果和讨论

利用上面所说的装置和方法, 我们研究了 Ti:Mg:LiNbO₃ 晶体用于 Q 开关 Nd:YAG 激光器 $1.06 \mu\text{m}$ 辐射的腔外倍频。单通倍频结果见表 1 所列。由表 1 可见, Ti:Mg:LiNbO₃ 用作腔外单通倍频时, 内部能量转换效率为 68% 到 72%。其中 1# 样品还做了双通倍频实验, 在 $1.06 \mu\text{m}$ 基波输入能量为 64 mJ 时, 获得 52 mJ 的 $0.53 \mu\text{m}$ 二次谐波输出, 双通能量转换效

Table 1 SHG performance of Ti:Mg:LiNbO₃ Crystals

Crystal	Length	1.06 μm input energy	Peak power density of 1.06 μm fundamental beam	0.53 μm output energy	Phase-matching temperature	Single-pass SHG conversion efficiency
1#	13 mm	50 mJ	32 MW/cm ²	35 mJ	82.5 $^\circ\text{C}$	70%
2#	13 mm	53 mJ	34 MW/cm ²	38 mJ	82.7 $^\circ\text{C}$	72%
3#	20 mm	50 mJ	32 MW/cm ²	34 mJ	82.1 $^\circ\text{C}$	68%

率达 81%。上述的转换效率是多次测量的平均值,测量次数一般都在十次以上,均方误差约为 4%。在双通实验中,我们检查了在倍频晶体失配时,格兰棱镜在垂直于腔轴的方向(即在 SHG 输出的方向上)没有基波输出可以被测量到。该倍频晶体的容许温度宽度为 0.7°C。实验中没有观察到光折变现象。表 1 结果表明,短晶体比长晶体的转换效率还高些,这说明晶体的光学质量对获得好的倍频结果是重要因素之一。如果在倍频晶体内部的通光路上存在生长层引起的光散射,则转换效率就会大大降低。

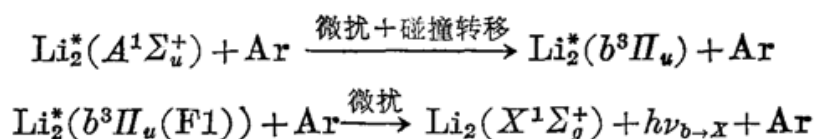
总之,我们用熔体提拉法生长的新型的 Ti:Mg:LiNbO₃ 晶体对 Q 开关 Nd:YAG 激光器 1.06 μm 辐射进行腔外倍频,在基波入射功率密度为 33 MW/cm² 左右时,获得了高达 70% 的单通倍频效率和 80% 的双通倍频效率。

最后,作者感谢肖定全和陈创天教授对本工作的支持。

参 考 文 献

- 1 仲济国,徐观峰 *et al.*, 物理学报, **32**(6), 795(1983)
- 2 Laser Focus World, September 1990, 9
- 3 曾传相,周业为 *et al.*, 中国激光, **10**(4), 205(1983)
- 4 E. O. Ammann, S. Guch, Jr., *Appl. Phys. Lett.* **52**(17), 1374(1988)

(上接第 756 页)



采用文献 [3, 7] 给出的分子常数对 $b \rightarrow X$ 跃迁进行计算,判断出单线序列发射谱来自 $b^3\Pi_u$ ($v_b=21, N_b=1$) \rightarrow $X^1\Sigma_g^+$ ($v''=3-6, J''=1$) 跃迁。 $b \rightarrow X$ OIF 发射谱的波数计算值 ν_{cal} 也在表 1 中给出。考虑到 $b^3\Pi_u$ 态的分子常数是由脉冲激光激发谱拟合出来的,表 1 中 $b \rightarrow X$ 跃迁的 ν_{cal} 和 ν_{exp} 在 $v''=3$ 时如此符合 (0.2 cm^{-1}) 是令人满意的。目前尚不能给出 $b \rightarrow X$ 双线发射没有被观察到、 $\nu_{\text{cal}} - \nu_{\text{exp}}$ 随 v'' 增加而变大的原因。

参 考 文 献

- 1 Paul H. Wine, L. A. Melton, *Chem. Phys. Lett.*, **45**(3), 509(1977)
- 2 X. Xie, R. W. Field, *Chem. Phys.*, **99**, 337(1985); X. Xie, R. W. Field *J. Chem. Phys.*, **83**(12), 6193(1985)
- 3 W. Preuss, G. Baungartner, *Z. Phys.*, **A20**, 125(1985)
- 4 F. Engelke, H. Hage, *Chem. Phys. Lett.*, **103**(2), 98(1983)
- 5 张立敏,魏计林,高成岳,李银妹,夏宇兴,化学物理学报, **2**(3), 209(1989)
- 6 M. Lapp, L. P. Harris, *J. Quant. Spectry and Radiative Transfer*, **6**(2), 169(1966)
- 7 G. Herzberg, *Spectra of Diatomic Molecules*, D. Van Nostrand, 3rd Printing, 1953
- 8 D. D. Konowalow, J. L. Fish, *Chem. Phys.*, **84**, 463(1984)
- 9 张立敏,楼立人,郭常新,夏宇兴,光学学报, **9**(10), 892(1989)
- 10 F. Engelke, H. Hage, G. D. Caldwell, *Chem. Phys.*, **64**, 221(1982)