

高输出连续 Nd : MgO : LiNbO₃ 自倍频激光器*

李瑞宁 王军民 梁晓燕 谢常德 彭堃堃

徐观峰

(山西大学光电研究所, 太原 030006)

(西南技术物理研究所, 成都 610041)

提要 将 Nd : MgO : LiNbO₃ 晶体置于对称近共心腔内, 在染料激光器的相干泵浦下, 采用非临界相位匹配, 同时考虑晶体的泵浦温升效应作了控温修正, 实现了高输出连续自倍频运转。二次谐波的输出功率达 12.2 mW, 转换效率为每瓦 23.5%。

关键词 自倍频, 相位匹配, 二次谐波

CW Nd : MgO : LiNbO₃ self-frequency doubled laser with high output power

Li Ruining, WANG Junmin, LIANG Xiaoyan, XIE Changde, PENG Kunchi

(Institute of Opto-Electronic Researches, Shanxi University, Taiyuan 030006)

XU Guanfeng

(South-west Institute of Technical Physics, Chengdu 610041)

Abstract CW self-frequency-doubled operation of Nd : MgO : LiNbO₃ laser has been achieved in a nearly concentric cavity pumped by coherent radiation. The maximum output of second harmonic power as high as 12.2 mW and the conversion efficiency up to 23.5% per watt were obtained.

Key words self-frequency-doubling, phase-matching, second-harmonic wave

1 引言

Nd : MgO : LiNbO₃ 晶体材料兼有 Nd³⁺ 的激活性强和 LiNbO₃ 的非线性系数大的优点, 是制作简单、小型、高效自倍频激光器最有希望的材料之一。以往的 Nd : MgO : LiNbO₃ 自倍频运转多为脉冲形式^[1~3]。1986年 T. Y. Fan 等人首次实现连续 Nd : MgO : LiNbO₃ 自倍频, 但其二次谐波最大输出功率仅为 1.1 mW, 转换效率为每瓦 7.6%^[4]。

我们考虑了晶体的泵浦温升效应, 采用自制的连续可调高精度控温系统控制置于对称近

收稿日期: 1992年8月11日。

* 山西省青年科学基金资助项目。

共心腔内的 Nd : MgO : LiNbO₃ 晶体温度,使其在不同的泵浦功率下均能达到最佳相位匹配,从而实现了高效率连续自倍频运转。单端输出的连续自倍频二次谐波功率达 12.2 mW,转换效率为每瓦 23.5%^[1]。

2 实验装置

泵浦光源为由 Spectra-Physics Model 2030 型氩离子激光器驱动的 Coherent CR-699-21 型连续波环型染料激光器。为了使染料激光的峰值波长处于 Nd : MgO : LiNbO₃ 晶体的吸收峰 $\lambda_0 = 598 \text{ nm}$ 附近,我们使用 Rhodamine 6G 染料,并配入了适量的 R640 染料;再通过调谐系统将输出激光的波长准确地调谐至 598 nm。实验装置见图 1。

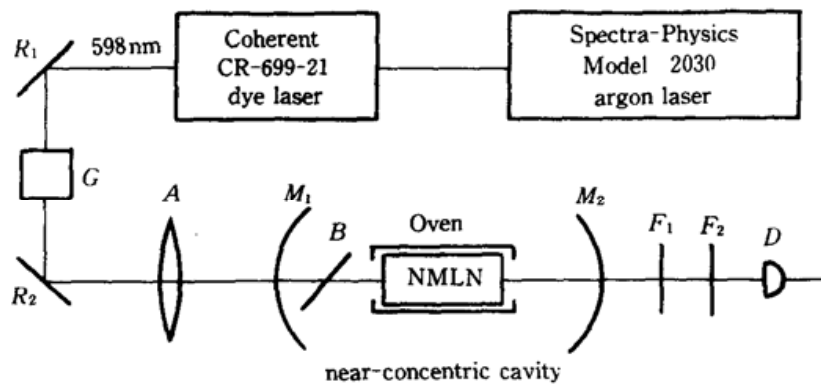


Fig. 1 Experimental set up

泵浦光经焦距为 $f = 120 \text{ mm}$ 的凸透镜 A 聚焦到 Nd : MgO : LiNbO₃ 晶体中心。在泵浦源与聚焦透镜 A 之间,置一光学隔离器 G,以保持整个系统的稳定运转,并减小测量误差。晶体尺寸为 $3 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$,沿 y 轴切割;晶体前后两个端面所镀的膜层对基频光($\lambda_1 = 1.093 \mu\text{m}$)增透,剩余反射率约为 0.4%。晶体置于 M_1 与 M_2 构成的对称近共心腔内,实测腔长为 $L = 45.5 \text{ mm}$,等效腔长为 $L' = 40 \text{ mm}$ 。腔镜的曲率半径及所镀膜层对泵浦光、基频光及二次谐波的透射率见表 1。

Table 1

M_1		M_2	
R_1	20.6 mm	R_2	20.6 mm
$T_{598 \text{ nm}}$	89.5%	$T_{598 \text{ nm}}$	95.5%
$T_{1.093 \mu\text{m}}$	0.05%	$T_{1.093 \mu\text{m}}$	0.20%
$T_{547 \text{ nm}}$	51.5%	$T_{547 \text{ nm}}$	99.6%

Brewster 窗片 B 置于 M_1 与晶体之间,抑制波长为 $1.085 \mu\text{m}$ 的 π 偏振高增益谱线,而使 $\lambda_1 = 1.093 \mu\text{m}$ 的基频 σ 偏振谱线在谐振腔内振荡,以实现 I 类相位匹配得到波长为 $\lambda_2 = 547 \text{ nm}$ 的自倍频二次谐波。为了避免离散(Walk-off)效应的影响,我们选用 90° 非临界相位匹配;晶体被置于微型控温炉体内,炉温由自制的连续可调的电子伺服系统控制,控温精度约为 $\pm 0.01 \text{ }^\circ\text{C}$;在每一泵浦水平下,均可通过对炉温的控制而达到最佳相位匹配。由 M_2 输出的自倍频二次谐波经滤波片 F_1 和 F_2 滤除从腔内透出的剩余泵浦光和基频光后,进入探测器 D,由功率计直接测定其输出功率。

3 实验结果

由于晶体存在泵浦温升效应,晶体吸收掉的泵浦功率愈大,晶体的温升就愈显著;因而随着泵浦功率提高,应该相应地降低外部控制温度,才能达到最佳相位匹配。由实验测定的最佳控制温度随被晶体吸收的泵浦功率的变化关系由图 2 的曲线 (a) 给出;由曲线可知:控制温度随着被晶体吸收的泵浦功率的增加而线性地降低。

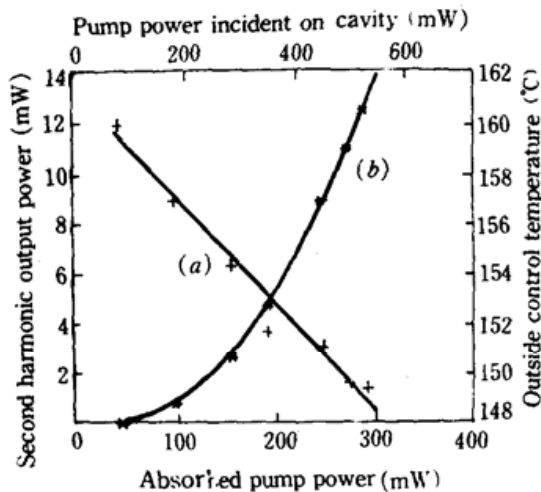


Fig. 2

图 2 的曲线 (b) 是在最佳匹配温度下,由 M_2 单端输出的自倍频二次谐波功率与入射到腔前的泵浦功率及被晶体吸收的泵浦功率之间的关系曲线,它是由实测数据经过最小二乘法拟合得出的抛物线。当入射到腔前的泵浦功率为 518 mW、晶体吸收的泵浦功率为 288 mW 时,自倍频二次谐波的输出功率为 12.2 mW。由于采用单端输出,从 M_1 透射出腔外的二次谐波没有被测量;若将其计及在内,转换效率(总的自倍频二次谐波输出功率与在泵浦阈值以上被吸收掉的泵浦功率之比^[4])为每瓦 23.5%。

值得提出的是,我们使用的是 MgO 高掺杂晶体,抗光损伤的特性极强,即使在室温下也无明显光折变。我们在室温下也实现了 σ 和 π 两个偏振方向的连续基频激光振荡,泵浦阈值功率均在毫瓦量级。

综上所述,由于我们对晶体的泵浦温升效应作了控温修正,达到了最佳相位匹配,因此,在采用对称近共心腔实现 Nd:MgO:LiNbO₃ 相干泵浦连续波自倍频时,获得的自倍频二次谐波的输出功率较前提高了一个数量级,转换效率提高到原来的 3 倍,使器件接近实用水平。若采用半导体激光器作为相干泵浦源,选用室温角度匹配的 Nd:MgO:LiNbO₃ 晶体,优化设计方案,可望制成小型、高效、在室温下工作的自倍频器件。另一提高效率、降低泵浦阈值的途径是,改变腔型结构,利用材料的高增益偏振谱线进行自倍频;这方面的工作,我们已经获得了初步的实验结果,将予另文报道。

感谢西南技术物理研究所杨德利同志在一些光学元件镀膜方面给予我们的帮助。

参 考 文 献

- 1 V. G. Dmitriev, E. V. Raevskii *et al.*, *Sov. Tech. Phys. Lett.*, **5**, 590(1979)
- 2 巩马理, 徐观峰 *et al.*, *光学学报*, **11**, 283(1991)
- 3 徐观峰, 巩马理 *et al.*, *中国激光*, **18**, 324(1991)
- 4 T. Y. Fan, A. Cordova-Plaza *et al.*, *J. Opt. Soc. Am. B*, **3**, 140(1986)