

LiIO₃ 晶体中双波长 Nd:YAP 激光的和频作用*

周玉平 沈鸿元 黄妙良 林文雄 曾瑞荣 于桂芳 黄呈辉 曾政东

(中国科学院福建物构所, 350002)

摘要: 基于 LiIO₃ 晶体的 Sellmeier 方程, 计算了晶体中 1.0795 μm 和 1.3414 μm 双波长 Nd:YAP 激光和频的相位匹配条件。计算结果与实验结果相当一致。并得到连续和脉冲的 0.5981 μm 和频相干辐射。

关键词: LiIO₃ 和频, Nd:YAP 双波长激光

Sum frequency generation of dual wavelength Nd:YAP laser in LiIO₃ crystal

Zhou Yuping, Shen Hongyuan, Huang Miaolian, Lin Wenxiong,
Zeng Ruihong, Yu Guifang, Huang Chenghui, Zeng Zhengdong
(Fujian Institute of Matter Structure, Academia Sinica, Fuzhou)

Abstract: Based on Sellmeier's equations for LiIO₃ crystal, the phase-matched condition for sum-frequency generation of 1.0795 μm and 1.3414 μm dual wavelength Nd:YAP laser has been calculated. The calculated results agree well with the experimental ones. The CW and pulsed 0.5981 μm sum-frequency radiation have been achieved for the first time.

Key words: LiIO₃ sum frequency, Nd:YAP dual wavelength laser

多波长激光是非线性频率变换的有用光源,文献 [1, 2] 分别利用 KDP 和 KD*P 晶体在双波长 Nd:YAG 和 Nd:YLF 激光器中得到了波长为 0.589 μm 和 0.582 μm 的脉冲和频辐射。本文利用文献 [3] 的折射率数据得到了 LiIO₃ 晶体的 Sellmeier 方程,计算了 1.0795 μm 和 1.3414 μm 辐射在这种晶体中和频的相应匹配条件。基于计算结果,首次在 LiIO₃ 晶体中利用 1.0795 μm 和 1.3414 μm 双波长 Nd:YAP 激光得到了脉冲和连续的 0.5981 μm 和频辐射。

一、分 析

LiIO₃ 晶体属于 6 类,光学上是负单轴晶体。计算表明,这种晶体 II 类相位匹配时有效非线性系数为零。在 I 类相位匹配情况,三波相互作用的和频过程满足

$$\vec{K}_{3\omega}^e = \vec{K}_{1\omega}^0 + \vec{K}_{2\omega}^0, \quad (1)$$

$$\text{或} \quad n_{3\omega}^e(\theta_m) = \frac{\lambda_3}{\lambda_1} n_{1\omega}^0 + \frac{\lambda_3}{\lambda_2} n_{2\omega}^0 \quad (2)$$

经简单计算, 相位匹配角和有效非线性系数分别为

$$\sin^2(\theta_m) = \frac{(n_{3\omega}^e)^2 \left\{ \left[\frac{n_{3\omega}^0}{\frac{\lambda_3}{\lambda_1} n_{1\omega}^0 + \frac{\lambda_3}{\lambda_2} n_{2\omega}^0} \right]^2 - 1 \right\}}{(n_{3\omega}^0)^2 - (n_{3\omega}^e)^2}, \quad (3)$$

$$\text{和} \quad d_{\text{eff}} = d_{31} \sin \theta_m \quad (4)$$

利用文献[3]报道的折射率数据, 经最小二乘法拟合得到 LiIO₃ 晶体的 Sellmeier 方程为:

$$n_o^2 = 3.4142 + \frac{4.6877 \times 10^{-2}}{\lambda^2 - 3.7378 \times 10^{-2}} - 7.6766 \times 10^{-3} \lambda^2, \quad (5)$$

$$n_e^2 = 2.9161 + \frac{3.6650 \times 10^{-2}}{\lambda^2 - 2.1170 \times 10^{-2}} - 2.3194 \times 10^{-3} \lambda^2. \quad (6)$$

表 1 给出利用(5)、(6)式计算得到的不同波长的折射率值, 也给出了文献[3]给出的测量值, 以资比较。从中可见两者相当一致。由表 1 的折射率值和(3)、(4)式得到 $\theta_m = 26.42^\circ$, $d_{\text{eff}} = 5.824 \text{ e. s. u.}$

Table 1 The refractive indices of LiIO₃ crystal at different wavelengths

Wavelengths (nm)	n_o		n_e	
	Cal. values	Exp. values	Cal. values	Exp. values
1367.4	1.8508	1.8508	1.7122	1.7122
1341.4	1.8512		1.7125	
1079.5	1.8566		1.7162	
1014.0	1.8584	1.8584	1.7176	1.7176
598.1	1.8362		1.7390	
589.6	1.8875	1.8875	1.7400	1.7400
579.1	1.8892	1.8894	1.7413	1.7413
546.1	1.8952	1.8953	1.7458	1.7457
508.6	1.9037	1.9037	1.7521	1.7521

二、实验与结果

实验装置见图 1, 利用我们研制的 1.0795 μm 和 1.3414 μm 双波长连续和脉冲 Nd:YAP 激光器^[4] 输出的 1.0795 μm 和 1.3414 μm 激光作为二个基波辐射, 激光经焦距 8.5 cm 的透镜聚焦到 LiIO₃ 晶体上, 晶体面法线与 z 轴的夹角为 26.4° , 晶体通光方向长 15 mm。让 b 轴 Nd:YAP 晶体的 c 轴与 LiIO₃ 晶体的 z 轴方向平行, 因为 b 轴 Nd:YAP 晶体的 1.0795 μm 和 1.3414 μm 激光都是偏振方向平行于结晶 c 轴的线偏振光^[5,6], 这样安放二种晶体能使双波长 Nd:YAP 激光器输出的 1.0795 μm 和 1.3414 μm 线偏振激光在 LiIO₃ 晶体中实现 $e+o \rightarrow e$ 的 I 类和频相互作用。得到的和频相干辐射用 44W 型平面光栅单色仪分光后, 经光电倍增管接收并在 ST-22 型双线示波器上显示, 以确定其波长。

实验中所用双波长连续激光在 1.0795 μm 和 1.3414 μm 的输出功率分别为 5.8W 和 5.6

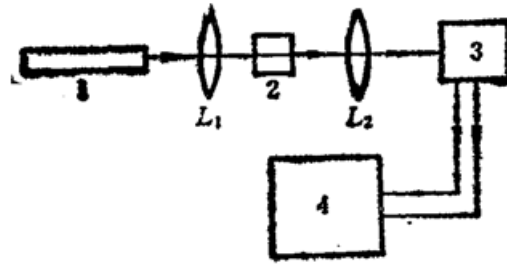


Fig. 1. The experimental set-up for measuring wavelength of radiation of sum frequency mixing

1—Dual wavelength CW or pulsed Nd:YAP laser; 2—LiIO₃ crystal; 3—Model 44W grating monochromator; 4—Model ST-22 oscilloscope

W, 双波长脉冲激光工作在自由状态, 输出能量分别为 0.5J 和 0.3J。在连续和脉冲激光运转状态下都能从 LiIO₃ 晶体得到橙色的相干辐射, 测得橙色相干辐射最大值的位置与晶体面法线的偏差小于 0.5°。用 44W 型平面光栅单色仪测得橙色光的波长为 $0.5981 \pm 0.0002 \mu\text{m}$ 。

利用 Nd³⁺ 离子 ${}^4F_{3/2} - {}^4I_{11,12}$ 和 ${}^4F_{3/2} - {}^4I_{13/2}$ 跃迁产生双波长激光的和频作用获得连续橙色相干辐射, 尽管目前仅得到毫瓦级的橙色相干辐射, 但是通过提高基波在非线性晶体中的功率密度和改用非线性系数更大的非线性晶体将提高输出功率。

参 考 文 献

- 1 O. G. Bethea, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-9**, 254 (1973)
- 2 W. Volmar, M. G. Knights *et al.*, Conference on Laser and Electro-Optics, Digest of Technical Papers, 188 (1983)
- 3 S. Umegaki, S. I. Tanaka *et al.*, *Opt. Commun.*, **3**, 244 (1971)
- 4 H. Y. Shen, R. R. Zeng *et al.*, *Appl Phys. Lett.*, **56**(20), 1937 (1990)
- 5 沈鸿元, 周玉平 *et al.*, *物理学报*, **31**(9), 1235 (1982)
- 6 Shen Hongyuan *et al.*, *SCIENTIA SINICA (SCIENCE IN CHINA)*, Series A, **29** (11), 1224 (1986)