

# MgO : LiNbO<sub>3</sub> 晶体在 1079.5 nm 和 1341.4 nm 的临界相位匹配条件

吴瑞芬 曾政东 徐浩 林文雄 沈鸿元

(中国科学院福建物质结构研究所, 福州 350003)

徐观峰

(西南技术物理研究所, 成都 610015)

**提要** 采用自准直法测得掺 MgO 0.05 mol 的 LiNbO<sub>3</sub>(LN)晶体在室温下的主折射率,拟合出 LN 晶体在室温下的 I 类相位匹配公式,计算得到 1079.5 nm 和 1341.4 nm 等波长的临界相位匹配条件。计算结果与实验结果相差小于 1°。

**关键词** MgO : LiNbO<sub>3</sub>, 相位匹配角, Nd : YAP

## Critical phase matching conditions at 1079.5 nm and 1341.4 nm in MgO<sub>3</sub> : LiNbO<sub>3</sub> crystal

WU Rui fen, ZENG Zhengdong, XU Hao, LIN Wenxiong, SHENG Hongyuan

(Fujian Institute of Matter Structure, Academia Sinica, Fuzhou 350003)

XU Guan feng

(Southwest Institute of Technical Physics, Chengdu 610015)

**Abstract** Refractive indices of LiNbO<sub>3</sub> : MgO (5 mol %) at room temperature have been measured by the auto-collimation method. Based on these refractive indices, we obtain the relationship between type I phase matching angle and the wavelength. Then use it to calculate the phase matching conditions at 1079.5 nm and 1341.4 nm. The reliability of the results has been verified by 1079.5 nm and 1341.4 nm Nd : YAP pulse lasers. The errors between calculated results and experimental results are less than 1°.

**Key words** MgO : LiNbO<sub>3</sub>, phase matching angle, Nd : YAP

## 1 引言

铌酸锂晶体是一种性能优良的非线性光学晶体,但光折变效应严重地影响了它的应用,我国发展的高掺镁铌酸锂晶体<sup>[1]</sup>能显著地改善晶体的光折变性能。但是,镁的引入将改变 LN 晶体的折射率和折射率的温度系数。文献[2,3]报道了它的非临界相位匹配倍频的性能。我们精确地测量了西南技术物理所从掺 0.05 mol MgO 的固液同成份的 LN 熔体中生长的高掺镁 LN

晶体不同波长的折射率和折射率的温度系数,得到了这种晶体的 Sellmeier' s 方程,由此得到室温下 1079.5 nm 和 1341.4 nm 等波长的 I 类临界相位匹配条件,并用 1079.5 nm 和 1341.4 nm 的 Nd : YAP 脉冲激光进行了实验验证,结果表明计算值与理论值相当符合。

## 2 1079.5 nm 和 1341.4 nm 的临界相位匹配条件

掺镁铌酸锂属三方晶系 3m 点群,其非线性系数  $d \sim 2 \times 10^{-8}$  esu<sup>[3]</sup>(LN),对室温下的临界相位匹配角的计算过程如下:我们采用自准直法测得 MgO : LN 晶体在室温下的主折射率如表 1,测量误差为  $1.5 \times 10^{-4}$ 。

Table 1 Measured refractive indices of MgO : LiNbO<sub>3</sub> crystal

$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	0.53975	0.6328	1.0795	1.3414
$n_o$	2.3120	2.2792	2.2251	2.2125
$n_e$	2.2193	2.1916	2.1454	2.1350

从表 1 给出的折射率值拟合出 Sellmeier' s 方程分别为

$$n_o^2 = 4.8881 + \frac{0.11031}{\lambda^2 - 5.4788 \times 10^{-2}} - 3.1210 \times 10^{-2} \lambda^2 \quad (1)$$

$$n_e^2 = 4.5430 + \frac{0.095112}{\lambda^2 - 4.6568 \times 10^{-2}} - 2.17155 \times 10^{-2} \lambda^2 \quad (2)$$

其中波长  $\lambda$  单位为  $\mu\text{m}$ 。

根据(1)式和(2)式可求出不同基波和谐波波长的折射率,把相应的折射率值代入负单轴晶 I 类相位匹配角的计算公式:

$$\sin^2 \theta_m = \left( \frac{n_e^{2\omega}}{n_o^\omega} \right)^2 \frac{(n_o^{2\omega})^2 - (n_o^\omega)^2}{(n_o^{2\omega})^2 - (n_e^{2\omega})^2} \quad (3)$$

由此可求出不同波长下的相位匹配角。我们在 1.063~1.385  $\mu\text{m}$  范围内取了 15 个波长点,利用(1),(2)和(3)式计算出相应点的相位匹配角(见表 2),而后用这些点拟合出 I 类相位匹配角随基波波长变化的关系式为:

$$\theta_m(\lambda) = 74.690 + \frac{3.2428}{\lambda^2 - 0.9655} - 13.6628 \lambda^2 \quad (4)$$

Table 2 Theoretical values of phase matching angles  $\theta_m$

No.	$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	$\theta_m$ ( $^\circ$ )	No.	$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	$\theta_m$ ( $^\circ$ )
1	1.0630	78.556	9	1.2470	58.651
2	1.0860	73.945	10	1.2700	57.352
3	1.1090	70.551	11	1.2930	56.170
4	1.1320	67.804	12	1.3160	55.089
5	1.1550	65.478	13	1.339	54.100
6	1.1780	63.458	14	1.362	53.192
7	1.2010	61.676	15	1.385	52.357
8	60.048				

式中  $\theta_m(\lambda)$  单位为度, $\lambda$  单位为  $\mu\text{m}$ 。因此,可简便地计算出 MgO : LN 晶体在 1.063~1.385  $\mu\text{m}$  波长范围内的 I 类临界相位匹配角,在上述波长范围内拟合值和利用(3)式得到的理论计算值的最大误差为 0.81°。表 3 给出了用公式(4)和(3)计算的 1079.5 nm 和 1341.4 nm 等波长下

的倍频相位匹配角,理论值和拟合值符合得很好。

Table 3 Values of  $\theta_m$  at wavelengths of 1079.5 nm and 1341.4 nm

$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	$\theta_m$ ( $^\circ$ )		
	calculated values	fitting values	experimental values
1.0795	75.08	75.00	75.98
1.3414	54.00	54.00	54.06

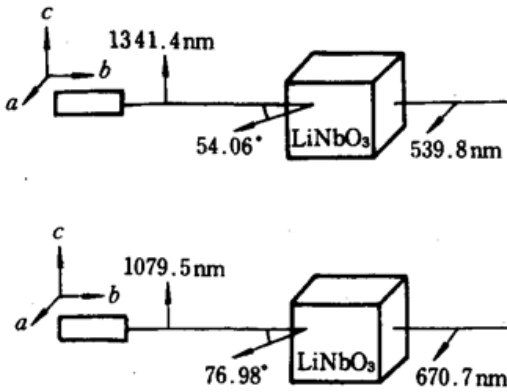


Fig. 1 Diagram for type I SHG phase matching in MgO : LiNbO<sub>3</sub>, a, b and c correspond to crystal logarithic axis of Nd : YAP crystal

为了验证计算结果,我们采用如图 1 所示的实验装置。由于使用的 Nd : YAP 脉冲激光是线偏振光,偏振方向平行于 Nd : YAP 晶体的 C 轴,为了实现 I 类倍频相位匹配过程,Nd : YAP 晶体的 C 轴必须垂直于 LN 晶体面法线及 Z 轴构成的平面,即实现  $o + o \rightarrow e$  的倍频作用。

Nd : YAP 自由运转脉冲激光用焦距为 8.5 cm 的透镜聚焦于 LN 晶体上,对 1079.5 nm 基波光晶体尺寸为  $10 \times 10 \times 12.65 \text{ mm}^3$ ,实验中安排 LN 晶体的面法线与 Z 轴(光轴)夹角  $\theta = 75.3^\circ$ ,方位角  $\phi = 30^\circ$ ,对 1341.4 nm 基波光晶体尺寸为  $10 \times 10 \times 12 \text{ mm}^3$ ,加工的晶体的面法线与 Z 轴成  $54^\circ 9'$ ,方位角  $\phi = 30^\circ$ 。

实验中,1079.5 nm 基波准直时的角度比绿光最亮时的位置相差  $1.5^\circ$ ,折合到 LN 晶体内为

$$\Delta\theta = \sin^{-1}(\sin 1.5^\circ / 2.2) = 0.68^\circ$$

则  $\theta_m = 75.3^\circ + 0.68^\circ = 75.98^\circ$

该实验值与理论值相差  $0.90^\circ$ ,与拟合值差  $0.98^\circ$ 。

而 1341.4 nm 基波准直时的角度与红光最强时的角度相差  $0.2^\circ$ ,折合到 LN 晶体内为

$$\Delta\theta = \sin^{-1}(\sin 0.2^\circ / 2.2) = 0.09^\circ$$

则  $\theta_m = 54^\circ 9' - 0.09^\circ = 54.06^\circ$

该实验值与理论值相差  $0.06^\circ$ ,与拟合值差  $0.06^\circ$ 。可见,相位匹配角公式(4)是可靠的。

### 参 考 文 献

- 1 仲跻国,徐观峰 *et al.*, 物理学报, 32(6), 795(1983)
- 2 曾传相,周业为 *et al.*, 中国激光, 10(4), 205(1982)
- 3 王廷福,张纯玉 *et al.*, 中国激光, 10(4), 198(1982)