

MgO : LiNbO₃ 晶体相位匹配角 $\theta_m(\lambda)$ 的表达式

曾政东 徐 浩 沈鸿元

(中国科学院福建物质结构研究所, 福州 350002)

Expression of phase matched angle $\theta_m(\lambda)$ for MgO : LiNbO₃ crystal

Zeng Zhengdong, Xu Hao, Shen Hongyuan

(Fujian Institute of Research on the Structure of Matter,
Academia Sinica, Fujian 350002)

Abstract The expression of phase matched angle $\theta_m(\lambda)$ for MgO : LiNbO₃ crystal has been obtained in this paper by using the least-square fitting method.

Key words MgO : LiNbO₃ crystal, expression of $\theta_m(\lambda)$

倍频晶体相位匹配角 θ_m 及其波长系数 $d\theta_m/d\lambda$ 是评价倍频晶体和设计倍频器件的重要参数。我们用最小二乘法拟合出 LiNbO₃(掺 MgO 5%)晶体的相位匹配角 $\theta_m(\lambda)$ 的简单计算公式。

首先,我们根据折射率值确定 Sellmeier 方程。MgO : LiNbO₃ 晶体属于负单轴晶体,表 1 给出了我们用自准直法测得的 MgO : LiNbO₃(掺 MgO 5%)在室温下的主折射率,测量误差为 $\pm 1 \times 10^{-4}$,利用表 1 中的 n_o, n_e 在四个波长下的值可以确定出 n_o, n_e 的 Sellmeier's 方程:

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

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

Table 1 Measured values of refractive index for MgO : LiNbO₃ crystal

λ (μm)	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

然后,根据(1)式和(2)式可以算出在 $1 \mu\text{m} \sim 2.2 \mu\text{m}$ 范围内不同基波波长下的折射率。把

相应折射率的值代入负单轴晶相位匹配角的计算公式,

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

求出在各个波长下的相位匹配角,以这些计算值作为原始数据(见表 2),用最小二乘法进行曲线拟合,可得出相位匹配角与波长关系的表示式为:

$$\theta_m(\lambda) = 35.6109 + \frac{17.0161}{\lambda^2 - 0.7366} + 1.0092\lambda^2 \quad (4)$$

Table 2 Original data of θ_m for the fitting calculation

λ (μm)	θ_m (°)	λ (μm)	θ_m (°)	λ (μm)	θ_m (°)
1.111	70.292	1.471	49.783	1.831	45.051
1.183	63.053	1.543	48.169	1.903	44.880
1.255	58.185	1.615	46.947	1.975	44.895
1.327	54.606	1.687	46.050	2.047	45.077
1.399	51.882	1.759	45.431	2.119	45.410

式中 $\theta_m(\lambda)$ 的单位为度, λ 的单位为 μm 。在基波波长为 $1 \mu\text{m} \sim 2.2 \mu\text{m}$ 范围内,可以方便地用(4)式得到 MgO : LiNbO₃ 晶体的相位匹配角,其计算误差 $\leq 1.5^\circ$ 。表 3 同时给出了用拟合公式(4)和用公式(3)计算的几个典型波长下的倍频相位匹配角。两者符合得很好。

Table 3 Some θ_m values at a number of typical wavelengths

λ (μm)	θ_m (°)		λ (μm)	θ_m (°)	
	Calculated values	Fitting values		Calculated values	Fitting values
1.053	81.402	82.446	1.318	54.999	54.371
1.0642	78.282	79.732	1.3414	54.000	53.478
1.074	76.124	77.593	2.013	44.972	44.832
1.0795	75.076	76.477	2.121	45.419	44.674
1.313	55.223	54.584			

将(4)式对波长进行求导,还可得到 MgO : LiNbO₃ 晶体重要参数 $d\theta_m(\lambda)/d\lambda$ 的计算公式。

由于折射率的测量误差为 $\pm 1 \times 10^{-4}$,使得用(3)式计算时可能造成的误差为 $\pm 1^\circ$,而用拟合公式(4)式计算的 θ_m 误差 $\leq 1.5^\circ$,它们的误差值相当。所以用拟合公式(4)计算 MgO : LiNbO₃ 晶体的相位匹配角是适用的。而且该拟合公式可以使相位匹配角与波长关系更加直观,使匹配角的计算大大简化。这种曲线模型也同样适用于其它单轴晶系的倍频晶体。

(收稿日期: 1991 年 8 月 2 日;收到修改稿日期: 1992 年 1 月 7 日)