

# 高掺镁铌酸锂晶体的临界和非临界相位匹配条件

徐 浩\* 吴瑞芬 曾政东 林文雄 黄呈辉

于桂芳 曾瑞荣 周玉平 沈鸿元

(中国科学院福建物质结构研究所, 福州)

徐观峰

(西南技术物理研究所, 成都)

**摘要:**基于掺5%克分子MgO的LiNbO<sub>3</sub>晶体主折射率及温度系数的精确测量, 计算了这种晶体的临界和非临界相位匹配条件, 计算结果经实验验证, 二者相当一致。

## The critical and noncritical phase-matching condition for heavily magnesium doped LiNbO<sub>3</sub> crystal

Xu Hao, Wu Ruifeng, Zeng Zhengdong, Lin Wenxiong, Huang Chenghui  
\* Yu Guifang, Zeng Ruirong, Zhou Yuping, Shen Hongyuan  
(Fujian Institute of Material Structure, Academia Sinica)

Xu Guanfeng

(Southwest Institute of Technical Physics)

**Abstract:** Based on the accurate measurement of the principle reflective indices, temperature coefficient of LiNbO<sub>3</sub> crystal doped with MgO of 5% mole, the critical and noncritical phase-matching condition of the crystal are calculated in this paper. The calculation results are well fitted with experiments.

### 一、引 言

掺5%克分子MgO的LiNbO<sub>3</sub>晶体大大降低了退光折变温度<sup>[1~3]</sup>, 而且把1.064μm 倍频的临界相位匹配温度提高到室温以上<sup>[2,3]</sup>, 因此引起了人们广泛的兴趣。我们在精确测量这种晶体的折射率和折射率温度系数的基础上, 确定了这种晶体在1.064μm, 1.0795μm, 1.3414μm波长下的临界相位匹配角和1.0795μm波长下的非临界相位匹配温度, 得到的结果

\* 现在福州大学物理系工作。

### 参 考 文 献

- [1] O plus E, 1991, (142), 130
- [2] AD 733050, 1971
- [3] 叶碧青, 马忠林, 凌君达. 激光与红外, 1978, (10), 29

作者简介: 曹三松, 男, 1959年7月出生。理学硕士, 工程师, 1989年~1991年留学瑞士联邦洛桑理工学院。现从事激光器件与技术的研究工作。

收稿日期: 1992年4月24日。

用实验进行验证,二者具有相当好的一致性。

## 二、折射率及其温度系数的测量结果

掺5%克分子MgO的LiNbO<sub>3</sub>是西南技术物理研究所提供的,我们用自准直法测量这种晶体的主折射率及其温度系数。测量装置中用稳定连续单模的激光作光源,用32J 0.5"级测角仪测定角度,样品放在控温炉中以便测量不同温度时的折射率,详见参考文献[4~6]。

表1给出20℃, 74.5℃, 116℃和154.5℃四个温度时,在0.53975μm, 0.6328μm, 1.0795μm和1.3414μm诸波长下测得的主折射率值。

表1 掺5%克分子MgO的LiNbO<sub>3</sub>晶体的主折射率

		20℃	74.5℃	116℃	154.5℃
0.53975μm	$n_o$	2.3120	2.3129	2.3137	2.3142
	$n_e$	2.2194	2.2230	2.2261	2.2292
0.6328μm	$n_o$	2.2792	2.2798	2.2804	2.2808
	$n_e$	2.1916	2.1950	2.1978	2.2003
1.0795μm	$n_o$	2.2251	2.2254	2.2256	2.2257
	$n_e$	2.1454	2.1481	2.1504	2.1527
1.3414μm	$n_o$	2.2126	2.2130	2.2132	2.2134
	$n_e$	2.1349	2.1376	2.1398	2.1420

由表1中不同温度的折射率值,得到测量温度范围内的折射率温度系数,在表2中给出。

表2 Mg:LiNbO<sub>3</sub>晶体的折射率温度系数

	0.53975μm	0.6328μm	1.0795μm	1.3414μm
$dn_o/dT$	$1.6 \times 10^{-5}$	$1.2 \times 10^{-5}$	$0.4 \times 10^{-5}$	$0.6 \times 10^{-5}$
$dn_e/dT$	$7.3 \times 10^{-5}$	$6.5 \times 10^{-5}$	$5.4 \times 10^{-5}$	$5.3 \times 10^{-5}$

由表1的主折射率值得到高掺镁铌酸锂晶体的Sellmeier方程(1)中 $A_i$ ,  $B_i$ ,  $C_i$ 和 $D_i$ 诸Sellmeier系数的值。

$$n_i^2 = A_i + \frac{B_i}{\lambda^2 - C_i} - D_i \lambda^2 \quad (1)$$

式中, $i$ 代表 $o$ 或 $e$ ,  $\lambda$ 为波长,单位为μm。表3给出了Sellmeier系数的值。

表3 20℃~160℃温度范围修正的Sellmeier方程的常数

℃	$A_o$	$B_o$	$C_o$	$D_o$	$A_e$	$B_e$	$C_e$	$D_e$
20	4.88810	0.110312	0.0547884	0.0312103	4.54302	0.0951117	0.0465648	0.0217155
74.5	4.88909	0.108702	0.0612498	0.0301465	4.55258	0.0971915	0.0458041	0.0214950
116	4.88355	0.114031	0.0527038	0.0280968	4.56077	0.0990084	0.0440980	0.0213655
154.5	4.88164	0.115104	0.0523894	0.0268854	2.57071	0.0984224	0.0479860	0.0215288

### 三、临界和非临界相位匹配条件的计算

利用方程(1)和表3中的Sellmeier系数,可以得到计算 $1.064\mu\text{m}$ ,  $1.0795\mu\text{m}$ 和 $1.3414\mu\text{m}$ 在室温条件下的临界相位匹配角所必需的折射率值,然后以负单轴晶体I类相位匹配角的计算公式,得到 $\text{MgO}:\text{LiNbO}_3$ 晶体在上述波长的SHG相位匹配角,这些结果在表4中给出。

表4 三种不同波长的SHG临界相位匹配角

波 长	$1.064\mu\text{m}$	$1.0795\mu\text{m}$	$1.3414\mu\text{m}$
相位匹配角(计算值)	$78.51^\circ$	$75.08^\circ$	$54.00^\circ$
相位匹配角(实验值)	$78.25^\circ$	$75.30^\circ$	$54.14^\circ$

SHG的非临界相位匹配温度可由

$$\Delta T = \frac{n_o^{(\omega)} - n_o^{(2\omega)}}{\left(\frac{dn_o}{dT}\right)_{2\omega} - \left(\frac{dn_o}{dT}\right)_\omega} \quad (2)$$

得到,以 $74.5^\circ\text{C}$ 的主折射率为基准,以 $1.0795\mu\text{m}$ 为基波,可得 $\Delta T = 34.8^\circ\text{C}$ ,所以该波长的非临界相位匹配温度 $T_m$ 为 $109.3^\circ\text{C}$ 。

### 四、实验验证

用重复率脉冲 $1.064\mu\text{m}$ Nd:YAG,  $1.0795\mu\text{m}$ 和 $1.3414\mu\text{m}$ Nd:YAP激光来验证上述计算的正确性,一块 $\theta_m = 75.5^\circ$ 的 $\text{MgO}:\text{LiNbO}_3$ 晶体用以验证 $1.0795\mu\text{m}$ 和 $1.064\mu\text{m}$ SHG临界相位匹配角的计算结果,另一块 $\theta_m = 54.15^\circ$ 的 $\text{MgO}:\text{LiNbO}_3$ 晶体用来验证 $1.3414\mu\text{m}$ 的SHG临界相位匹配角的计算结果。实验结果在表4中给出,从表中看到实验结果与计算结果相当一致。

为了测量非临界相位匹配温度,将一块 $\theta_m = 90^\circ$ 的 $\text{MgO}:\text{LiNbO}_3$ 晶体放在温度可控制的炉中,并用与晶体接触的热电偶测量晶体的温度,滤去 $1.0795\mu\text{m}$ 基波后用能量计测量不同温度时 $0.53975\mu\text{m}$ 谐波的输出,结果表明 $T_m = 115 \pm 2^\circ\text{C}$ ,与计算结果相差 $6^\circ$ 。根据D.F.Nelson<sup>[7]</sup>和G.D.Boyd<sup>[8]</sup>的报导,这一结果已是相当好的结果。另外还测得 $\delta T$ (峰值下降到 $0.405$ 时的全宽度)为 $0.84^\circ\text{C}$ ,与文献报导的 $\text{LiNbO}_3$ 的容承温(acceptance temperature)为 $0.6^\circ\text{C}$ 相差不多。

### 五、小 结

本文计算了掺5%克分子 $\text{MgO}$ 的铌酸锂晶体的SHG临界相位匹配角及SHG非临界相位匹配温度,其结果与实验事实相当一致,本文所列数据显然是可靠的,对拓宽高掺镁 $\text{LiNbO}_3$ 晶体的非线性运用是有意义的。实验结果也说明了高掺 $\text{MgO}:\text{LiNbO}_3$ 晶体是一种中小功率倍频的较好材料。

### 参 考 文 献

- [1] 范琦康,吴存恺,毛少卿编著.非线性光学.南京:江苏科学技术出版社,北

# 高亮度加速器驱动的自由电子激光器

黄裕年

(北京应用物理与计算数学研究所, 北京)

**摘要:** 美国为战略防御正在研制高功率射频型自由电子激光器, HIBAF 是一种高亮度加速器驱动的自由电子激光器, 该装置提供的电子束流亮度远远超过了其它同类设备可获得的亮度, 并能产生远红外至紫外波长的高质量激光。本文简单介绍了它的工作机理和束线的设计考虑, 最后讨论了它计算出的系统性能与实验结果。

## High brightness accelerator FEL

Huang Yunian

(Beijing Institute of Applied Physics and Computational Mathematics)

**Abstract:** This paper is intended to describe a high brightness accelerator FEL (HIBAF) being developed by USA for strategic defense. HIBAF is far superior in high electron beam brightness to most other facilities. It can provide high quality laser beam of the wavelength from far infrared to ultraviolet. This paper briefly presents its operational mechanism and design idea of the beam line, discusses the calculation and experiment results of the system.

多年来, 为研制兆瓦级高峰值功率、高抽取效率的射频型自由电子激光器(RF-FEL),

京: 电子工业出版社, 1989: 75

- [ 2 ] 仲跻国, 徐观峰 *et al.* 物理学报, 1983; 32(6): 795
- [ 3 ] 王廷福, 张纯玉. 中国激光, 1983; 10(4): 198
- [ 4 ] 徐 浩, 沈鸿元, 黄小良. 硅酸盐学报, 1987; 15(3): 271
- [ 5 ] 曾政东, 沈鸿元, 徐 浩 *et al.* 人工晶体, 1987; 16(3): 274
- [ 6 ] Zeng Zhengdong, Shen Hongyuan, Huang Miaoliang *et al.* Appl Opt, 1990; 29(9): 1281
- [ 7 ] Nelson, D F, Mikulyak R M. JAP, 1974; 45(8): 3688
- [ 8 ] Boyd G D, Bond W L. JAP, 1967; 38(4): 1941

\*

\*

\*

作者简介: 徐 浩, 男, 1933年12月出生。副教授。现在福州大学物理系从事物理教学及光学、非线性光学的研究。

收稿日期: 1992年1月21日。