

# Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub> 晶体的折射率和高效室温倍频

徐观峰 郭永金 李 斌

王 琇

(西南技术物理研究所,成都,610041)

(四川大学材料科学系,成都,610064)

摘要:本文测量了 Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub> 晶体的折射率,给出了色散方程 演示了该晶体的高效室温倍频。在声光调制下,1.064 $\mu$ m 到 0.532 $\mu$ m 激光辐射的倍频转换效率达 50%。

## The refraction indices of Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub> crystal and its efficient frequency doubling at room-temperature.

Xu Guanfeng, Guo Yongjin, Li Bin

(Southwest Institute of Technical Physics)

Wang Xiu

(Department of Materials Science, Sichuan University)

**Abstract:** In this paper, the refraction indices of Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub> crystal has been experimentally studied and the Sellmeier equations have been given out. By using the crystal and an audio-optical modulator, the frequency doubling from 1.064  $\mu$ m to 0.532  $\mu$ m at room temperature is well developed. the conversion efficiency is more than 50%.

### 一、引 言

铌酸锂是一种令人感兴趣的晶体,它在声表面波、激光和光波导集成光学等方面有许多应用。通过向铌酸锂中掺入不同的有益杂质,可以改变它的性能。Ti 和 Mg 共掺的铌酸锂晶体 (Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub>) 就具有抗光折变性能和高的倍频转换效率<sup>[1]</sup>。

本文通过测量 Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub> 晶体的折射率,计算出室温下临界位相匹配角,在声光调制下用 Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub> 晶体倍频,在室温下从 1.064 $\mu$ m 到 0.532 $\mu$ m,已得到 50% 的转换效率。

### 二、晶体生长和样品制备

Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub> 晶体是用改进的提拉法从掺有 MgO 和 TiO<sub>2</sub> 的铌酸锂熔体中沿着 C 轴生长的 (5mol% < MgO  $\leq$  7mol%, 0.05mol%  $\leq$  TiO<sub>2</sub>  $\leq$  2mol%)。拉制出的原生晶体经极化后即可加工出测试用样品。合适配方生长出晶体 OH 吸收峰位于 2.83 $\mu$ m, 具有抗光折变能力,晶体透过范围为 0.35~5 $\mu$ m ( $T > 50\%$ ), 在 1.064 $\mu$ m 和 0.532 $\mu$ m 没有吸收,样品的双折射率均匀性达 10<sup>-5</sup>/cm 量级。

### 三、Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub> 的折射率

我们加工出 Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub> 晶体棱镜,用最小偏向角方法测量其在不同波长下的折射率,结果见表 1。根据表 1 的测量值,拟合得到该晶体的色散方程为

$$n_o^2 = 4.53695 + \frac{0.0974135}{\lambda^2 - 0.0426523} - 0.0199915\lambda^2 \quad (1)$$

$$n_e^2 = 4.86996 + \frac{0.116403}{\lambda^2 - 0.0461044} - 0.0255925\lambda^2 \quad (2)$$

方程(1),(2)式中的波长λ以μm为单位,拟合精度为1~2×10<sup>-4</sup>。

Table 1 Refraction indices of Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub>(15°C)

Wavelength(Å)	n <sub>o</sub>	n <sub>e</sub>	n <sub>o</sub> - n <sub>e</sub>
4947	2.3106	2.4199	0.1092
4861	2.2438	2.3398	0.0960
5461	2.2164	2.3075	0.0911
5893	2.2022	2.2908	0.0886
6234	2.1935	2.2804	0.0869
6943	2.1790	2.2635	0.0845
10600	2.1458	2.2246	0.0788
13000	2.1360	2.2131	0.0771
15000	2.1298	2.2057	0.0759

#### 四、Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub> 室温临界位相匹配条件

由色散方程(1),(2)式得到1.064μm和0.532μm两波长的折射率,结果见表2。负单轴晶体I类临界位相匹配公式为<sup>[2]</sup>

$$\theta = \sin^{-1} \left\{ \frac{[n_o(\omega)]^{-2} - [n_o(2\omega)]^{-2}}{[n_o(2\omega)]^{-2} - [n_e(2\omega)]^{-2}} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Table 2 Refraction indices of Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub> at frequency doubling wavelengths

λ(μm)	n <sub>o</sub>	n <sub>e</sub>
0.532	2.3139	2.2218
1.064	2.2245	2.1456

将表2有关折射率值代入(3)式,得到Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub>晶体15°C时,1.064~μm0.532μm临界位相匹配角θ=80.1°。考虑到倍频时晶体温度一般要比15°C高,所以按θ=81°加工倍频元件。

#### 五、Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub> 晶体室温倍频

##### 1. 实验装置

Nd : YAG激光器输出的1.064μm辐射为基频光用角度倍频元件Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub>晶体使之成为0.532μm的倍频光。基频光被声光调制,声光调制器:1kHz,15V。倍频晶体通光长度13mm,θ角为81°,两通光面对1.064μm增透,位相匹配方式为I类;o+o→e。腔内倍频装置如图1所示。图1中,M<sub>1</sub>对1.064μm高反,对0.532μm, R=5%;M<sub>2</sub>对1.064μm高反,R=

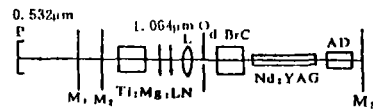


Fig. 1 Schematic diagram of the intracavity frequency doubling setup for the intracavity frequency doubling. Ti : Mg : LiNbO<sub>3</sub> crystal.

图1所示。图1中,M<sub>1</sub>对1.064μm高反,对0.532μm, R=5%;M<sub>2</sub>对1.064μm高反,R=

99.8%,对0.532 $\mu\text{m}$ 高透, $T=99.6\%$ ;M<sub>3</sub>对1.064 $\mu\text{m}$ 和0.532 $\mu\text{m}$ 都高反;AO为声光调制器,L为聚焦透镜, $f=15\text{cm}$ ,O为小孔光栏,d-Bre为双布儒斯特棱镜,P为探头。

## 2. 结果与讨论

测试时倍频晶体温度为25 $^{\circ}\text{C}$ ,使用的探头是LPE-1B激光功率/能量计。当1.064 $\mu\text{m}$ 基频光功率增加时,倍频光功率也随着增加。倍频光(SHG)功率输出对基频光功率的关系如图2曲线所示。由图2可知,在腔内倍频声光调制下,用基频最佳输出腔镜 $T=10\%$ 输出作基波功率测量,当基波功率输入超过400mW时,基波到二次谐波的功率转换效率超过50%。如果运转时能做到基波垂直Ti:Mg:LiNbO<sub>3</sub>光学面入射和控制倍频晶体温度不变,则倍频效率会进一步提高。在倍频过程中没有观察到Ti:Mg:LiNbO<sub>3</sub>晶体的光折变现象。

最后,作者感谢国家863计划专家组对本项目的资助,同时热忱感谢天津大学姚建铨教授、王殿奎博士和中国科学院物理研究所周棠等同志的大力支持。

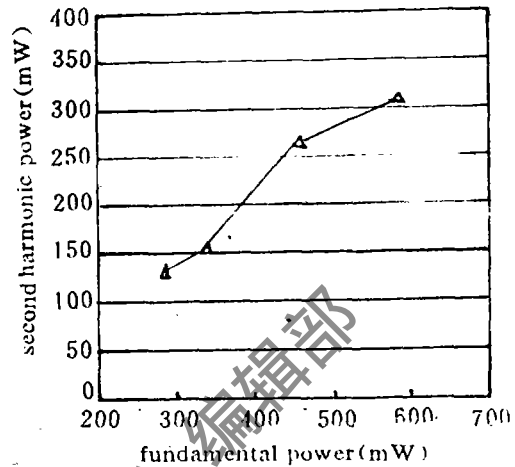


Fig. 2 The output power of SHG in Ti:Mg:LiNbO<sub>3</sub> vs. fundamental power at room temperature

## 参考文献

- [1] 徐观峰,郭永金,陈家蓉 *et al.* 中国激光, 1991, 18(10): 757
- [2] Walter Koechner. Solid-State Engineering. New York, Heidelberg Berlin, Springer-Verlag, 1976, 498

收稿日期:1993年3月4日

· 简 讯 ·

## 西南技术物理研究所 微波激励 CO<sub>2</sub> 波导激光器研制工作取得突破

微波激励 CO<sub>2</sub> 激光器效率高,光束质量好。西南技术物理研究所的科技工作者经过两年努力,研制的小型微波激励波导 CO<sub>2</sub> 激光器件在1993年7月12日调试取得输出激光的突破进展,其激光输出平均功率达12.6mW。目前该项目研制工作正加速进行,以达到实用化要求。

(本刊通讯员)