

Nd : MgO : LiNbO₃ 光波导的特性*

蒋旭阳 祝生祥 邱元武

吴永健 许政权

(同济大学波尔研究所, 上海 200092)

(上海交通大学物理系, 上海 200052)

提要 用质子交换法制备了 Nd : MgO : LiNbO₃ 波导。通过测量平面波导的二次离子质谱, 得到了波导的原子组分分布, 并测量了 Nd : MgO : LiNbO₃ 晶体的吸收谱线, 最后利用端面耦合, 分别得到了条波导内和衬底内激光诱导的荧光谱线。

关键词 Nd : MgO : LiNbO₃ 光波导, 质子交换, 二次离子质谱, 荧光谱

1 引 言

Nd : MgO : LiNbO₃ 晶体将 Nd³⁺ 离子的高增益激光特性与 LiNbO₃ 优异的电光、声光和非线性特性相结合, 因此成为一种制造小型单片激光器件的很有发展前途的材料, 在集成光学和微型激光器方面引起了广泛的兴趣, 国外已报道做成了 Nd : MgO : LiNbO₃ 光波导激光器^[1], 自 1989 年以来, 我们用质子交换法制成了 Nd : MgO : LiNbO₃ 平面波导, 并且测量了波导特性^[2]及光谱特性, 本文进行了波导层内组分的分析, 并最终制成了 Nd : MgO : LiNbO₃ 条波导, 测量了其光谱特性。

2 条波导的制备

实验所用的衬底材料是由南开大学物理系提供的 X 切 Nd : MgO : LiNbO₃ 晶体 (2 × 10 × 15 mm³), 以苯甲酸作为质子交换源。首先在经过去离子水、丙酮、超声清洗的衬底材料上溅射约 50 nm 的 Ta 膜作掩膜, 然后利用光刻 (lithography) 及反应离子刻蚀 (reactive ion etching) 在 Ta 膜上刻出宽约为 6 μm 的条纹, 将衬底材料在 240 °C 的苯甲酸中进行质子交换 30 min, 冷却后用 HF 酸把 Ta 膜清洗掉, 两端面抛光, 最后制成了 Nd : MgO : LiNbO₃ 单膜条波导, 长为 11 mm。

3 实验方法及结果

3.1 波导组分的分析

我们在上海测试技术研究所由 Cameca 公司生产的 IMS-300 型离子探针分析仪上作了

* 国家自然科学基金资助项目。

Nd : MgO : LiNbO₃ 平面波导离子质谱分析,以观察其组成的变化。因为离子束斑点直径约 0.5 mm,远大于条波导的宽度,故不能直接观察条波导的组成。由于平面波导是在无 Ta 掩膜,而其它实验条件相同的情况下做成的,Ta 膜不参加质子交换,只有苯甲酸对波导的组分有影响,因此平面波导基本上可以反应出条波导的组成情况。结果如图 1 所示,在质子交换波导层内,Nb⁵⁺,O²⁻,Mg²⁺ 等离子的浓度组成沿着深度方向基本没有变化,而 Li⁺ 离子浓度则有明显的减少,这个结果与 C. Canali 在 MgO : LiNbO₃ 平面波导的结论是一致的^[3],另外还可以看出在波导层中 Nd³⁺ 的组分也不随质子交换而改变。

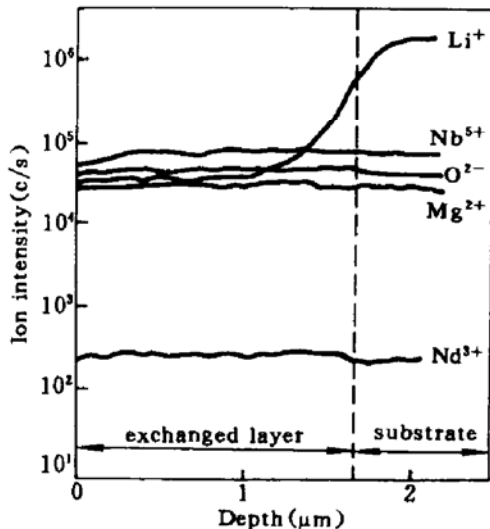


Fig. 1 SIMS result of Nd : MgO : LiNbO₃ waveguide

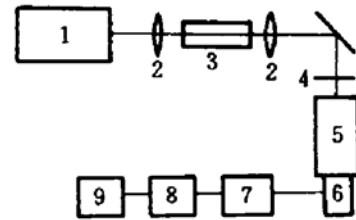


Fig. 2 Schematic diagram of the experimental set-up

1—N₂/dye laser; 2—focusing lens; 3—Nd : MgO : LiNbO₃ waveguide; 4—optical filter; 5—monochromator; 6—Ge detector; 7—photon counter; 8—ratemeter; 9—x-y recorder

3.2 条波导的荧光特性

端面耦合法测条波导的荧光谱的实验装置如图 2 所示,用 N₂ 分子/染料可调谐激光系统,由 R610 染料输出的 600 nm 激光经过×10 的透镜聚焦由条波导的一端耦合进去,用×20 的透镜由另一端耦合出来,激光在波导中诱导的荧光通过带通滤光片进入单色仪的狭缝,经单色仪分光后由 Ge 探测器接收后送入光子计数器计数,数据由计算机采集,同时送速率仪,并由记录仪记录。用计算机控制单色仪扫描,则可测得荧光谱线,再使单色仪固定在荧光峰值波长(1085 nm)处,将光电信号直接输入示波器观察荧光衰减曲线,则可测得相应跃迁的荧光寿命。

图 3 是在上海冶金所的 DMS-90 型分光光度计上测得的 Nd : MgO : LiNbO₃ 晶体在 600 nm 附近的透射曲线,可知它们对 600 nm 的激光有较强的吸收。图 4 是激光在 Nd : MgO : LiNbO₃ 衬底及波导中诱导的荧光曲线,在衬底中诱导的荧光在 1000 nm 附近有 1080 nm, 1085 nm, 1094 nm 三个强度不等的峰,对应于 ⁴F_{3/2} → ⁴I_{11/2} 的跃迁的 1085 nm 的峰的荧光寿命约为 130 μs,从波导中诱导的荧光曲线可以看出,Nd³⁺ 的性质没有发生改变^[4],荧光只有 1085 nm 处的一个峰,而 E ⊥ C 诱导的 1080 nm, 1094 nm 处的两个峰被波导抑制掉了。

由上可以看出,用 Nd : MgO : LiNbO₃ 材料很有希望通过质子交换的方法制作波导激光器。如果用染料激光器输出的 600 nm 激光为泵浦光,用 Nd : MgO : LiNbO₃ 基质的 1.08 μm 激

光感生荧光为信号光同时耦合入波导,就可以进行增益的研究,最终制成单片、电光可调的 Nd : MgO : LiNbO₃ 波导激光器。

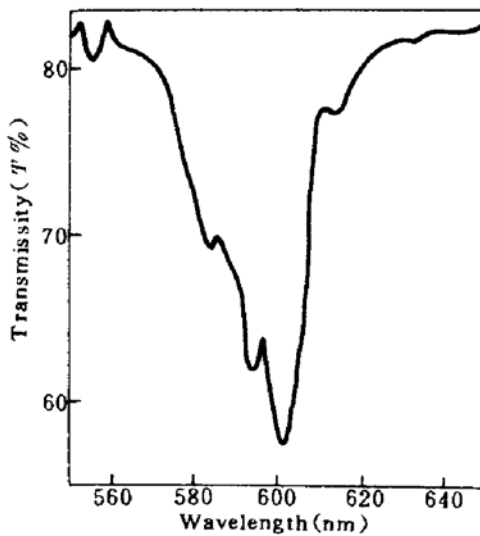


Fig. 3 Transmittance spectra of Nd : MgO : LiNbO₃ waveguide

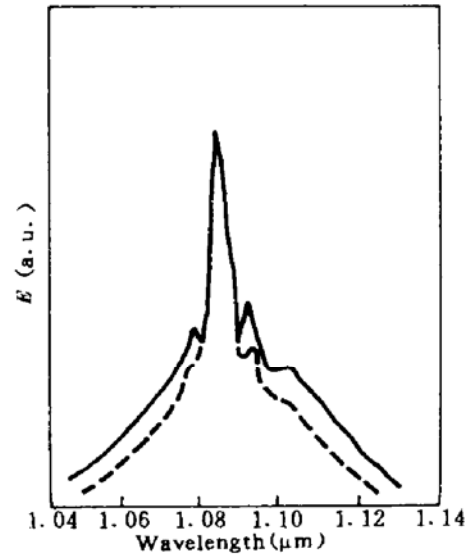


Fig. 4 Fluorescence spectra of the Nd : MgO : LiNbO₃ waveguide and substrate
--- : waveguide emission
— : substrate emission

参 考 文 献

- 1 E. Lellier *et al.* . *Electr. Lett.* , 1989, **25** : 1491
- 2 章昌奕, 邱文武 等. *中国激光*, 1992, **19**(6) : 470
- 3 C. Canali *et al.* . *J. Appl. Phys.* , 1986, **59**(8) : 2643
- 4 Li. M. J. *et al.* . *Electr. Lett.* , 1988, **24**(15) : 914

Characteristics of Nd : MgO : LiNbO₃ Waveguides

Jiang Xuyang Zhu Shengxiang Qiu Yuanwu

(Poh Institute, Tongji University, Shanghai 200092)

Wu Yongjian Xu Zhengquan

(Physics Department, Jiaotong University, Shanghai 200052)

Abstract Nd : MgO : LiNbO₃ waveguides have been fabricated by proton-exchange method. To obtain the atomic composition profiles of the waveguide, the SIMS (second ion mass spectrum) of the planer waveguide was measured. The absorption spectra of Nd : MgO : LiNbO₃ crystal and the fluorescence spectra induced in the channel waveguide and substrate were measured respectively.

Key words Nd : MgO : LiNbO₃ optical waveguide, proton-exchange, SIMS, fluorescence spectra