

质子交换 LiNbO₃ 波导中退火的作用

陈云琳 阮永丰

(天津大学物理系, 天津, 300072)

摘要: 本文主要对质子交换 LiNbO₃ 波导进行了研究, 分析了退火对质子交换 LiNbO₃ 波导的重要性。

关键词: 质子交换 LiNbO₃ 波导 折射率分布

Effect of annealing on proton-exchange LiNbO₃ waveguide

Chen Yunlin, Ruan Yongfeng

(Department of Physics, Tianjin University)

Abstract: In this paper, the annealing procedure of proton-exchange LiNbO₃ waveguide is analyzed. Experimentally, electron-optical index of LiNbO₃, relationship of thickness of waveguide and annealing time are studied.

Key words: proton-exchange LiNbO₃ waveguide effective index profiles

一、引言

集成光学器件的研究和发展是目前国际上高科技领域竞争的一个重要方面。LiNbO₃ 晶体因其具有较高的电光系数和非线性光学系数而成为光集成的首选材料之一, 被广泛应用于光调制器, 光通讯和倍频器等波导器件。

质子交换制备光波导的技术是一种很吸引人的方法, 因为运用这种方法可以制备低损失的光波导器件, 并且与扩 Ti 法制备光波导相比具有许多优点, 例如, 制备工序简单并有高的折射率, 且制备温度较低等等。但是质子交换波导往往表现出较低的电光系数^[1]和二次谐波产生系数^[2]及折射率的不稳定^[3]。为了恢复 LiNbO₃ 材料的电光系数及折射率的稳定性, 必须要在质子交换后进行退火工序。

二、质子交换 LiNbO₃ 波导

目前主要是用苯甲酸做质子源进行质子交换来制备 LiNbO₃ 波导。波导的制备过程很简单, 将 Z-切抛光的 LiNbO₃ 晶片样品浸泡在酸液中, 苯酸液的温度大约是 200℃, 交换时间从几分钟到数小时。实际上, 质子交换过程就是 Li⁺ 从晶体表面扩散出来, H⁺ 渗入到晶体中占据 Li⁺。这个过程可以用下列方程式来表示^[4]:



这是一个复分解反应, 由此反应式可以看出在 H⁺ 向晶体中扩散的同时还将伴随 Li⁺ 向晶体外扩散, 因此, 这是一对流过程。

在质子交换光波导中, H⁺ 的浓度分布为近阶跃型^[5]。波导交换层的厚度依赖于扩散的时

间和温度^[6],其关系式为:

$$d_e = 2 \sqrt{t_p D(T_p)}$$

式中, $D(T_p)$ 是在温度为 T_p 时的扩散系数。

对于质子交换 LiNbO₃ 多模波导,有效折射率和交换深度是近阶跃型的^[7]。

图1和图2为实验所得的有效折射率及交换深度的分布。

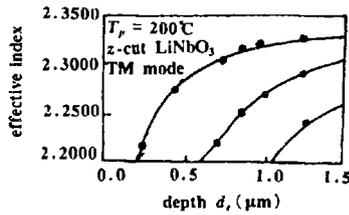


Fig. 1 Evaluated effective index as a function of depth d_e with the step profiles

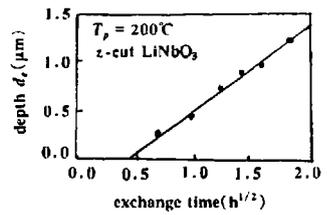


Fig. 2 Evaluated depth d_e of the waveguides vs the square root of the proton-exchange time t_p

三、退火过程

将质子交换 LiNbO₃ 波导进行退火,退火实际上就是进行第二次扩散,将表面上的质子向衬底深处扩散,即 H⁺ 进一步迁移进入晶体与此同时 Li⁺ 却与它相反的方向进一步扩散,此时, H⁺ 的分布从阶跃式变为渐变式的分布。

在质子交换中, LiNbO₃ 晶体发生相的变化, LiNbO₃ 单晶从 β 相到 $\alpha + \beta$ 相的混合相,经过退火过程,使混合相变为单一的 α 相^[8]。从而使折射率的分布由阶跃式变为渐变式(图3),并且恢复了 LiNbO₃ 的电光系数。

若假定把厚度为 d_e 的波导层当做一个有限厚度的扩散源^[9],则由退火而产生的波导厚度为 d_a ,其表达式为:

$$d_a = 2 \sqrt{D_a t_a}$$

式中, D_a 为波导的退火扩散系数, t_a 为波导的退火时间。

图4为退火波导厚度与退火时间的关系。

质子交换后退火所得的 LiNbO₃ 波导的总厚度为:

$$d = d_e + 2 \sqrt{D_a t_a}$$

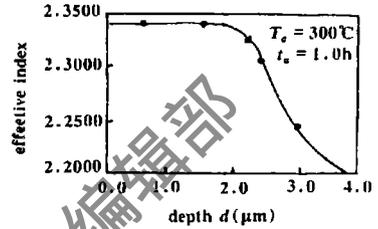


Fig. 3 Evaluated effective index as a function of depth d with the grade profiles

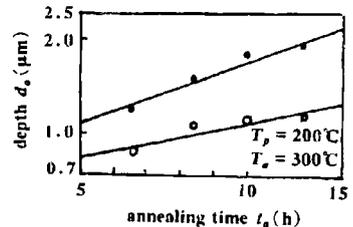


Fig. 4 Measured relation between d_a and the annealing time t_a
 $\circ - t_p = 1h$ $\square - t_p = 0.55h$

四、结 语

通过退火过程,使质子交换 LiNbO₃ 波导的折射率分布由阶跃式到渐变式,增加了波导层的厚度,因此,退火在质子交换 LiNbO₃ 波导的制备过程中是非常重要的。

参 考 文 献

- 1 Becker R A. A P L, 1983;43:131~133
- 2 Suhara T. Electron Lett, 1989;25:1326~1328
- 3 Yi-Yan A. A P L, 1983;42:633-635
- 4 Marta McWright Howerton. IEEE J Q E, 1991;QE-27(3):593~600
- 5 Candai C, Camera A, Della Mea G. J A P, 1986;59(8):2643~2649
- 6 郑建和,李玉善,王书容. 中国激光, 1984;1(12):32
- 7 Kazuhisa Y, Hiroaki Y. A P L, 1991;58(2):1277~1299
- 8 Rice C E. J Solid State Chem, 1986;64:188~199

棒和调制器的位置对 Nd:YAG 锁模激光器的影响

陈同生

蓝信钜 刘耀兰

(湖北师范学院物理系, 黄石, 435002) (华中理工大学激光研究所, 武汉, 430074)

摘要: 本文研究了激光棒和调制器在谐振腔中的位置对 Nd:YAG 激光器单模锁模输出的影响, 并给出了获得稳定基模最大功率输出时, 激光棒在谐振腔中的最佳位置区域。

关键词: 锁模激光器 单模

Effect of rod and modulator position on output properties of mode-locked Nd:YAG laser

Chen Tongsheng

Nan Xingju, Liu Yaonan

(Dep. of Physics, Hubei Normal University)

(Institute of Laser, HUST)

Abstract: The subject of this paper is to emphasize the results of experimental study of relationship of the position of rod and modulator with output power, mode volume and power stability of mode-locked Nd:YAG laser. The optimal position of laser rod is given.

Key words: mode-locked laser single mode

一、引言

锁模技术是获得超短激光脉冲的主要方法, 而单模运转是获得稳定锁模必备的条件。在固体锁模激光的各种应用中, 都要求激光器稳定工作在基模状态。为了充分利用激光棒, 激活介质中的 TEM_{00} 模体积应最大, 但又必须保证激光器的机械和光学干扰的稳定性。另外, 由激光棒的热聚焦效应引起的干扰和泵浦干扰则始终影响谐振腔的稳定性, 泵浦干扰还会引起激光棒焦长的变化, 这会严重影响 TEM_{00} 模体积, 从而影响激光器的输出。

激光棒在谐振腔中的位置对激活介质中的 TEM_{00} 模体积有很大影响, V. Magni 和 S. DE Silvestri^[1,2] 对此作了理论和实验研究。我们主要从实验上研究了 YAG 锁模激光器中激光棒的位置和调制器的位置对 TEM_{00} 模, 即激光器输出功率大小和稳定性的影响, 并给出了激光棒的最佳位置区域, 这与 S. DE Silvestri^[2] 的实验结果一致。

9 Yuhara T, Tada K, Li Y Sh. J Appl Phys, 1992; 71(8): 3966

作者简介: 陈云琳, 女, 1966年5月20日出生。硕士研究生。现攻读凝聚态物理专业。

收稿日期: 1994-12-05

