

Ti 扩散 LiNbO₃ 平面波导的 折射率分布测量

黄章勇

(北京邮电学院)

提要: 用反射干涉技术测量了 Ti 扩散 LiNbO₃ 平面波导的折射率分布。简介了测试原理、样品制备方法,并给出了测试结果。

Measurement of refractive index profile of Ti-diffused LiNbO₃ plane waveguides

Huang Zhangyong

(Beijing Institute of Post and Communication)

Abstract: Measurement of the refractive index profile of the Ti-diffused LiNbO₃ plane waveguides was performed. The measurement principle and the preparation of samples are briefly described and the results are given.

平面光波导是导波光学器件的基础。金属扩散 LiNbO₃ 平面波导的折射率分布可以采用电子探针进行测量^[1]; M. E. Martin 用反射干涉技术曾经测量过 Cd 扩散 ZnSe 波导的折射率剖面^[2], 反射干涉技术设备简单, 操作简便, 我们用它来测量 Ti 扩散 LiNbO₃ 平面波导的折射率分布。

磨抛光, 把抛光好的样品用甘油粘在平板玻璃的镀铬面上, 再放在国产 6J-1 型干涉显微镜上。调整显微镜可观察到干涉条纹, 用照相机拍摄的干涉条纹见图 2。

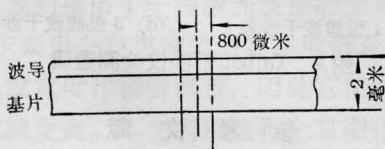


图1 折射率分布测试样品切割加工示意图

测试样品按图 1 的方向尺寸切割, 用通常的半导体磨抛工艺将切割好的样品两面研

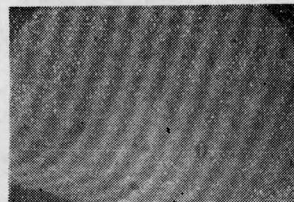


图2 测试样品的干涉条纹照片

测试样品的工艺条件是钛膜 480Å, 1000°C 下扩散 7 小时、样品厚度 680 微米。

收稿日期: 1982 年 3 月 2 日。

平面波导折射率分布可写作^[33]:

$$n(y) = n_b + \Delta n f(y/D) \quad (1)$$

式中, n_b 是波导基片材料的折射率, $n(y)$ 的最大值写作 $n_b + \Delta n$, 函数 $f(y/D)$ 描述由于扩散引起的折射率变化, 其值在 0 和 1 之间。根据扩散工艺条件, $f(y/D)$ 可能用高斯函数、余误差函数、简单指数函数来近似。若把式(1)改写作 $n(y) = n_b + \Delta n(y)$, 可推出^[43]:

$$\Delta n(y) = \frac{d(y)}{D} \frac{\lambda}{2t} \quad (2)$$

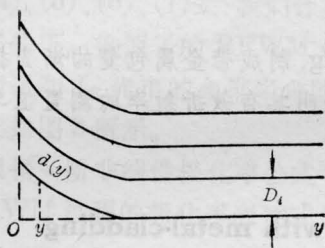


图3 干涉条纹示意图

这里如图3所示, D 是干涉条纹宽度, $d(y)$ 是干涉条纹在坐标 y 的弯曲量, t 是试样厚度, λ 是测试光源波长。(2)式中, λ 、 D 、 t 均为给定的常数, 故可写作 $\Delta n(y) = cd(y)$ 。这里 c 是常数。因此折射率变化曲线和干涉条纹的弯曲 $d(y)$ 完全相似。在图4中我们以归一化坐标画出了 $\Delta n(y)$ 的曲线, 这曲线实质上即是函数 $f(y/D)$ 的曲线。为比较起见, 同时画出了高斯分布和余误差分布的曲

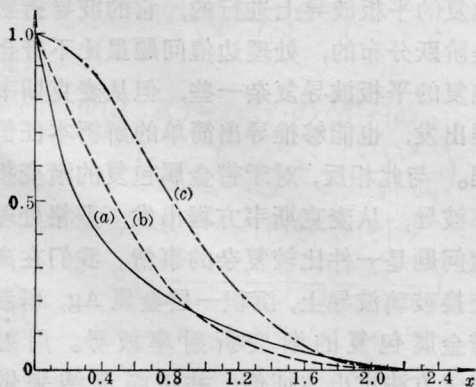


图4 实际测量的折射率分布曲线

(a) 实际测量曲线; (b) 余误差函数; (c) 高斯函数

线, 可以看出, 样品的折射率分布接近于余误差分布。测得折射率分布曲线则可计算波导的色散特性。

在用金属内扩散制造 LiNbO_3 波导时, 在 $800 \sim 1200^\circ\text{C}$ 的扩散温度下, 衬底通过表面外扩散过程失去松散束缚的 Li_2O , 晶体表面晶体化学计量的偏离增加了非寻常折射率。结果除金属内扩散形成的波导外, 还有由 Li_2O 外扩散形成的平面波导, 这将在槽形波导器件的波导间引入串话^[5], 因此 Li_2O 的外扩散是不希望产生的。用反射干涉技术测量折射率分布可检验 Ti 扩散工艺中是否存在外扩散。文中所检验的样品是放在密封的石英箱中扩散钛的, 石英箱由箱体和盖板组成, 箱体和盖板之间由磨口达到密封的要求。石英箱内放适量的 LiNbO_3 粉末, 其组份和 LiNbO_3 衬底组份相同。在扩散温度 (1000°C) 下, 从 LiNbO_3 粉末逸出的 Li_2O 在石英箱内形成一定的蒸气压, 从而抑制 LiNbO_3 衬底中 Li_2O 的外扩散。图5中给出了没有钛膜的 LiNbO_3 样品在扩散后的干涉照片, 干涉条纹是平直的, 说明折射率未发生改变, 证明了扩散工艺基本上不存在 Li_2O 的外扩散。

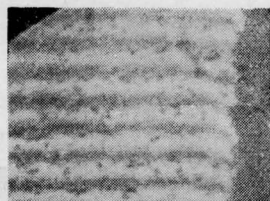


图5 未镀 Ti 膜的 LiNbO_3 样品扩散后的干涉条纹照片

用反射干涉技术测量折射率分布要保证实验的可靠性和重复性, 关键在于样品的制备。测试样品必须有平整的抛光表面和高平行度。而且因为待测的平面波导位于离表面深数微米的范围内, 故在样品制备中还须十分注意保护样品的边缘。在本文的实验中, 抛光时使用了陪片。粘片时让陪片紧靠样品带波导的一侧, 和样品一起粘胶在平模上(如下转第 241 页)

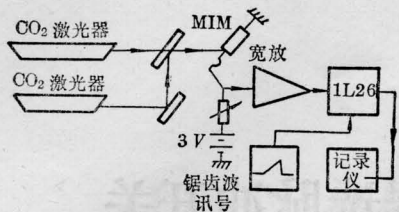


图8 观测两只 CO₂ 激光在双触点 MIM 上差拍的装置

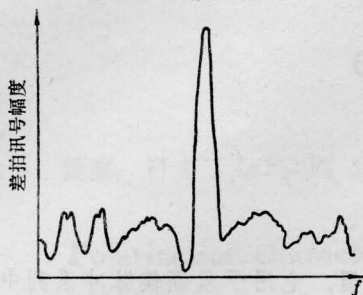


图9 从 1L26 输出记录的 30 兆赫差拍讯号

(上接第 214 页)

体,当惯常线通过荧光池时,InSb 探测器可探收到 4.3 微米的荧光信号,而当序列线通过荧光池时,则不会产生荧光信号。

在如图 4 所示的实验装置上,当激光放电管充气总压力为 11.8 托(其中 H₂ 0.2 托, CO₂ 0.7 托, Xe 1.4 托, N₂ 2.4 托, He 7.1 托),放电电流为 15 毫安左右时,我们观察到如表 1 所示的 65 条序列谱线,每条谱线对

(上接第 231 页)

图 6 所示)。这可避免通常在抛光中产生的塌边对样品边缘的损坏,从而保证了样品待测波导区域的完整性、平整度和平行度,也即保证了实验的可靠性和重复性。

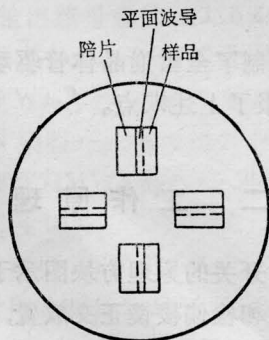


图6 磨抛工艺粘片位置示意图

上,差拍讯号用 1L26 频谱仪观察。图 9 是用记录仪描下的 30 兆赫差拍讯号。

比较了单触点 MIM 和多触点 MIM 快速检波的性能,在检测到的讯号幅度上两者并没有明显的差异。但在稳定性上多触点 MIM 明显牢靠得多,它的检波讯号幅度保持不变。而单触点 MIM 的检波讯号幅度不稳,特别是外振动干扰时,讯号起伏更大。实验证实多触点 MIM 可以应用于激光测频及激光频率转换的研究中。

参 考 文 献

- [1] T. E. Hartman; *J. Appl. Phys.*, 1962, **33**, 3427.
- [2] Bor-long Twn, S. E. Schwarz; *Appl. Phys. Lett.*, 1974, **25**, 595.
- [3] S. A. Zhgun, V. A. Zarshchikov; *Sov. J. Quant. Electr.*, 1976, **6**, 740.

应的波数系引用文献[3]给出的测量值。表 2 给出了所获得的 00⁰2 [10⁰1, 02⁰1]_{L, II} 带 P 支与 R 支的强线与弱线激光功率,其它各线输出功率按 CO₂ 增益分布处于这些数值之间。

参 考 文 献

- [1] J. Reid et al; *J. Appl. Phys.*, 1977, **48**, 2712.
- [2] W. Berger et al.; *Rev. Sci. Instrum.*, 1977, **48**, 1081.
- [3] K. J. Siemsen et al.; *Opt. Commun.*, 1977, **22**, 11.

实验中采用的干涉显微镜的光源是白炽灯加滤光片,单色性较差;其次,干涉条纹照片的放大倍数不详,故测得的是相对分布。进一步改进实验条件有望能够测得 Ti 扩散 LiNbO₃ 平面波导折射率的绝对分布。

参 考 文 献

- [1] R. V. Schmidt, I. P. Kaminov; *Appl. Phys. Lett.*, 1974, **25**, No. 8, 458~460.
- [2] M. E. Martin; *Appl. Opt.*, 1974, **13**, No. 9, 2112~2116.
- [3] G. B. Hoeker, W. K. Burns; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1975, **QE-12**, 748~752.
- [4] 大越孝敬编;《光ファイバの基礎》,オーム社,昭和 52 年 7 月 15 日。
- [5] B.-U. Chen, A. C. Paster; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **38**, No. 11, 570.