

沟道波导模截止调制器中的光损伤

陈 铮

(成都电讯工程学院光电技术系)

提 要

本文报道新结构的三段混合式模截止强度调制器能够耦合入较高光功率,出现了可观测的光损伤现象。在设计由Ti扩散波导构成的导波器件时,不仅需要考虑器件的电特性,也要考虑器件传输光功率的能力。

1. 引言

在Ti扩散LiNbO₃光波导中,当导波功率达一定值时,发生了所谓光损伤现象。这一现象曾引起人们广泛兴趣^[1~4]。在定向耦合器开关中,当工作波长为6328 Å时,传输功率甚至仅有20 nW就出现了光损伤造成的明显串活效应^[4]。这就说明,用Ti扩散波导制作导波光学的各类器件时,不能忽视对传输功率大小的要求,而去关心器件的其它特性。

沟道波导模截止强度调制器是一类结构简单的器件^[5]。在X(或Y)向切割的LiNbO₃的晶体表面,制作一沿Y(或X)向的近乎基模截止的沟道波导,在其两侧放置一对电极。依靠施加电场通过电光效应而使沟道波导折射率降低,从而传输损耗增高,而达到输出光强受外加电场调制的目的。由于器件是一基模近乎截止的沟道波导,导模的模折射率接近于衬底折射率,所以本身的传输损耗就高。加之输入端模断面与入射光束失配,即使采用对接耦合方法,亦不能将更多光能耦合入该调制器中。这就是尚未见有关模截止强度调制器光损伤现象的报道的原因。

本文报道一种能耦合入较多光能的新结构模截止调制器——三段混合式沟道波导模截止调制器*中所观察到的光损伤现象。

2. 器件制作和特性

用X向切割的LiNbO₃作衬底,在其上用光刻剥离技术沿晶体Y向制作宽3 μm、厚300 Å的Ti条。于1000°C下在饱含水汽的纯氧中扩散2小时形成Ti扩散沟道波导。然后以Al作屏蔽掩模将该沟道的中部2 mm长的区域以及晶体表面覆盖起来,仅使两端的沟道波导暴露出来。将样品放在216°C的苯甲酸融体中进行10分钟离子交换^[6],使两端的沟道变为离子交换—Ti扩散复合波导。再进行光刻形成电极,样品两端进行精密抛光,其结构如图1所示。

用半导体激光器($\lambda=0.82 \mu\text{m}$)作光源,以端射式耦合方法将激光束耦合入该样品的沟道波导中。测得的调制特性如图2所示。为作比较,在图2中同时给出了相同几何尺寸的均匀Ti扩散沟道波导模截止调制器的调制特性。由图2可知,在相同的测试条件下,三段

收稿日期:1984年9月24日;收到修改稿日期:1984年12月3日

* 作者在美国加州大学桑迪耶戈分校制作。

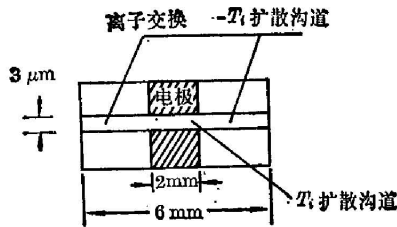


图 1 三段混合式模截止调制器结构示意图

Fig. 1 Schematic of the three-section hybrid mode cut-off modulator

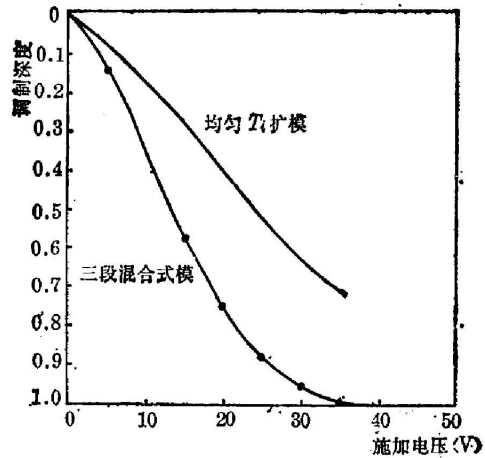


图 2 测得的调制深度-施加电压关系曲线
Fig. 2 Relationship between depth of modulation and voltage

混合式模截止调制器的传输功率和调制深度比均匀沟道模截止调制器的大。

为了观察发生在模截止调制器中的光损伤现象，将三段混合式模截止调制器用软性粘结物质粘在支架上，与半导体激光器进行对接耦合。调节半导体激光器输出端面与调制器波导端面相接触，微调对准。由于调制器不是固结在支架上，所以调节过程中不至损伤两者端面。接通激光器电源，用 X-Y 记录仪记录从调制器的输出光能与时间的函数关系，结果如图 3 所示*。

3. 讨论与结论

在三段混合式模截止强度调制器中，不仅衰减机构，而且耦合机构也对调制特性有贡献，所以调制特性比均匀 Ti 扩沟道模截止调制器更佳。

用 LiNbO₃ 为衬底在苯甲酸中制备的离子交换波导，离子交换层与衬底之间的折射率差较大，具有较高的功率传输能力。所以在三段混合式模截止调制器中出现的光损伤现象发生在中心的 Ti 扩散波导段。从图可以看出，传输功率与时间的关系可以近似表示为

$$P = P_0 \exp(-t/A) + C,$$

式中 t 为时间， A 为时间常数，它与波导参量和功率 P_0 有关，在我们的样品和测试条件下 $A = 16.5 \text{ sec}$ 。 C 为一常数，它与波导参量有关，对所测样品为 $5.4 \mu\text{W}$ 。可以看出光损伤非常严重。在一分钟内传输功率从 $35 \mu\text{W}$ 下降到 $5.4 \mu\text{W}$ 。这时功率密度大约为 0.15 kW/cm^2 。

Ti 扩散波导的光损伤出现的功率密度与波长有关。曾报道了工作在 $1.32 \mu\text{m}$ 波长下的定向耦合器开关^[7]，在传输功率达 8 mW 时仍无明显光损伤现象发生。光损伤现象也与

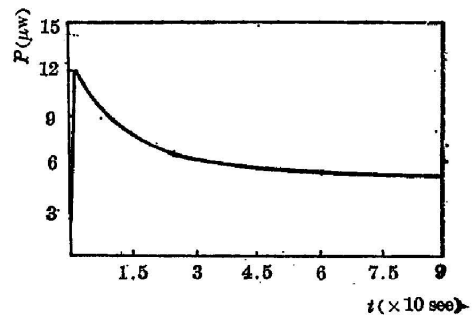


图 3 不施电压时三段混合式调制器透射功率随时间而减小的关系曲线
Fig. 3 Time dependence of transmitted power of the three-section hybrid modulator with no voltage applied

* 由于 X-Y 记录仪响应很慢，不能记下最初 1~2 sec 的变化过程。

波导取向有关。我们制备了 $8\mu\text{m}$ 宽、 450Å 厚的 Ti 条, 在 1000°C 和饱和水汽的氧中扩散 5 小时而制备了两种取向的沟道波导。衬底均为 Y 向切割的 LiNbO_3 晶体。工作波长为 6328Å 。对于平行于 Z 轴的沟道波导, 传输功率为 $7\mu\text{W}$ 时未发现有光损伤发生; 对于平行于 X 轴的沟道波导, 传输功率为 $4\mu\text{W}$ 时就出现了光损伤, 最终的传输功率仅为 $2\mu\text{W}$ 。对此现象的解释是: 光从晶体中的杂质铁原子激励出的电子沿晶轴光轴 ($+Z$) 方向移动, 而造成折射率变化所致^[2]。所以沟道平行于 Z 轴时与沟道垂直于 Z 轴时的光损伤阈值将不同。

对于耦合波器件, 诸如桥式干涉调制器开关、定向耦合波之类的器件, 对导波的传输常数的变动非常敏感, 光损伤现象更是一个不容忽视的问题。

综上所述, 表明在制作 Ti 扩散波导的导波光学器件时, 不仅要考虑器件的电特性, 而且要考虑实用对功率大小的要求。解决光损伤的有效方法是采用更长的工作波长, 例如 $1.3\mu\text{m}$ 波长, 同时也使得与光纤通讯感兴趣的波长相适应。

本工作得到 W. S. C. Chang 教授的指导与支持, 工作中与 C. T. Sullivan 进行了有益的讨论, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] G. L. Tangonan, M. K. Barnoski *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **30**, No. 5 (Mar), 238.
- [2] E. L. Holman, P. J. Cressman *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **32**, No. 5 (Mar), 280.
- [3] J. L. Jackel, D. H. Olson *et al.*; *J. Appl. Phys.*, 1981, **52**, No. 7 (Jul), 4855.
- [4] R. V. Schmidt, P. S. Cross *et al.*; *J. Appl. Phys.*, 1980, **51**, No. 1 (Jan), 90.
- [5] A. Neyer, W. Sohler; *Appl. Phys. Lett.*, 1979, **35**, No. 3 (Aug), 256.
- [6] J. L. Jackel, C. E. Rice *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1982, **41**, No. 7 (Oct), 607.
- [7] R. C. Alferness, C. E. Joyner *et al.*; *IEEE J. Quant. Electron.*, 1983, **QE-19**, No. 9 (Sep), 1339.

Optical damage in channel-waveguide mode cut-off modulators

CHEN ZHENG

(Chengdu Institute of Radio Engineering)

(Received 24 September 1984; revised 3 December 1984)

Abstract

The chance to observe optical damages in mode cut-off modulators used to be rare, because little optical power could be coupled into near-cut-off channel waveguides. The coupling capability, however, was found to be higher in our newly constructed three-section hybrid mode cut-off modulator, in which observable optical damage occurred. Therefore, in designing guided-wave devices consisting of Ti-diffused waveguides, not only their electric characteristics but also their optical-power carrying capacity should be taken into consideration.