

钛扩散 LiNbO₃ 波导干涉仪调制器

黄章勇 杨德伟 郑能

(永川光电研究所)

提要: 研制成 Ti 扩散 LiNbO₃ 波导干涉仪调制器。在 0.6328 微米的光波长下加 1 千赫方波信号。50 千赫的脉冲信号和 100 千赫 ~ 30 兆赫的正弦波信号进行了调制实验。实验样品的最大调制深度 87%，半波电压 $V_{\pi}=45$ 伏，电容 8 微微法，3 分贝带宽可达 800 兆赫。

Ti-diffused LiNbO₃ waveguide interferometric modulator

Huang Zhangyong, Yang Dewei, Zheng Neng

(Yongchuan Opto-Electronics Research Institute)

Abstract: An interferometric modulator with Ti-diffused LiNbO₃ waveguide has been fabricated. Modulation experiments were made at the optical wavelength of 0.6328 μm using square wave signal of 1 kHz, pulse signal of 50 kHz and sine wave signal of 100 kHz ~ 30 MHz. Experimental results are as follows: maximum modulation degree—87%, π phase voltage— $V_{\pi}=45$ V (peak to peak), capacitance—8 pf and 3 db bandwidth at 800 MHz.

一、前言

半导体激光器可以用直接电流调制，在适当的驱动功率下，最高频率可达 1~2 千兆赫。但是对于大多数半导体激光器来说，快速电流调制会导致不希望的波长调制，这种波长调制效应在波分复用系统是有害的^[1]。为利用单模光纤的宽带特性，采用宽带波导调制器作外调制器是一可供选择的途径，干涉仪调制器即是其中之一。同时干涉仪调制器的列阵还可制成 A/D 变换器、光逻辑回路、微微秒脉冲发生器和多路解调

器^[2,3]，有广泛的应用前景。我们研制成钛扩散铌酸锂波导干涉仪调制器，本文将给出它的结构设计参数、主要制作工艺和测试结果。

二、器件结构参数设计和制作工艺

器件结构如图 1 所示。根据掩模制作的实际水平，设计器件的总长度为 22 毫米，漂移区长为 10 毫米，间距 100 微米，波导宽为 4 微米。分叉角 $\angle\alpha$ 是一个重要设计参数， $\angle\alpha$ 越大，分叉的散射损耗越大。 $\angle\alpha$ 小将增加分叉区的长度，从而增加工艺难度，而且在分

收稿日期：1983 年 6 月 10 日。



图1 干涉仪调制器结构图

叉处两波导耦合作用区长度增加,影响两分叉波导的功率分配。考虑上述两种因素,我们选器件的分叉角为 1.9° ^[4](即分叉波导在水平方向的投影长度为3毫米)。为在套刻电极时掩蔽对准容易,电极间距选得较宽,为24微米。为键合电极引线,中心电极宽为80微米,两边电极条宽为100微米。

为利用铌酸锂晶体的最大电光系数 γ_{33} ,器件衬底采用Y切LiNbO₃晶体,导光方向为 α 晶向。晶片表面经光学抛光,在100×显微镜下观察无划痕、疵病。

器件的制作工艺简述如下。先用真空热蒸发工艺在洁净的LiNbO₃晶片抛光面上淀积厚约300Å的钛膜,再在Ti膜上涂AZ1350J正性光致抗蚀剂,用典型的半导体光刻工艺形成光波导图形。接着进行钛扩散,扩散温度1000°C,恒温时间6小时。为抑制Li₂O外扩散^[5],在恒温期间通Ar₂+H₂O,即氩在进入石英管前先通过水温60°C的水气发生器。降温时通O₂45分钟。扩散后的晶片两端面抛光以便对接耦合。在端面抛光好的晶片上淀积3000Å的铝膜,用光刻工艺形成电极图形。最后将晶片粘固在特制的陶瓷底座上,用超声键合工艺引出电极,电极引出线用 $\phi 20$ 微米的铝丝。

三、测试结果及分析

器件的测试系统如图2所示。波长为6328Å的He-Ne激光经57×物镜聚焦,送入蕊径10微米的光纤,光纤经模式搅拌使其出射光为单模。光纤用精密微调器和调制器波导输入端对准,调制器输出直接用光电倍

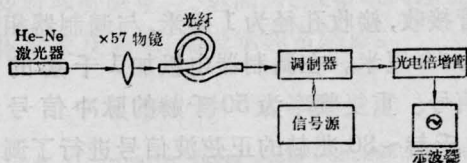
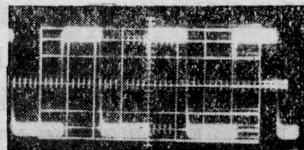
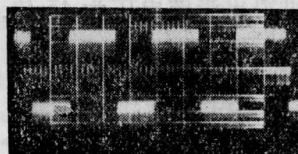


图2 测试系统示意图



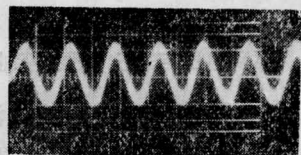
调制方波信号波形



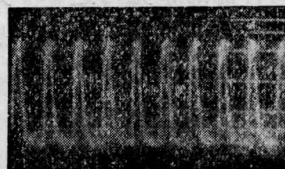
输出光信号波形
(a) 1千赫方波信号



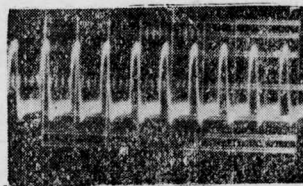
调制正弦波信号波形



输出光信号波形
(b) 3兆赫正弦波信号,标尺0.2微秒/格



调制脉冲信号波形



输出光信号波形
(c) 50千赫脉冲信号,脉宽15微秒,标尺0.02毫秒/格

图3 调制信号和输出光信号照片

增管接收,接收孔径为1毫米,与调制器相距约为10厘米。在调制器电极加1千赫的方波信号、重复频率为50千赫的脉冲信号和100千赫~30兆赫的正弦波信号进行了调制实验。图3分别给出了1千赫方波信号、50千赫脉宽15微秒脉冲信号和3兆赫正弦波信号及对应的输出光信号的照片。调制器加直流偏压,用毫伏表测光电倍增管输出电压,改变偏置电压值,则可测得偏置电压与调制器输出的关系曲线,测试结果如图4所示。由曲线我们可得出半波电压为45伏,调制深度达87%。

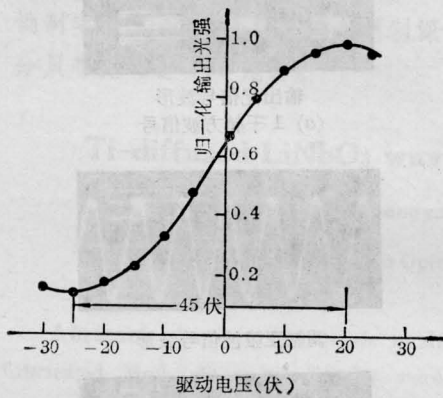


图4 驱动电压与输出光强关系曲线

用CCJ-A型精密电容测试仪测得器件的电容为8微微法。调制器带宽由 $\Delta f = 1/\pi RC$ 计算,调制器接50欧姆与源阻抗匹配,则可算出样品的带宽可达800兆赫。

半波电压 $V_{\pi} = \pi/KL^{[5]}$, K 是取决于

波长、电极间距和晶体电光系数的常数, L 是调制器电极长度。实验样品的电极间距是24微米,由此可见, V_{π} 偏高与实验样品的电极间距宽有关。减小电极间距能降低 V_{π} ,但将随之增加工艺难度。样品的波导宽度为4微米,据扩散工艺条件可估算扩散深度约2.8微米,该波导对于波长为 6328 \AA 的光并非单模,故影响调制深度的提高。使用较长波长的光源将能提高消光比。由于在测试时暂用临时封装,引线较长,在较高频率下(30兆赫)测试时输出信号明显变弱。现用电极结构面积较大,导致电容偏大,要增大带宽还应设计新的电极结构。目前提高调制器性能的工作正在进行中。

参加研制工作的还有熊炜明、权沁平同志。北京朱珺媛同志及本所制版组为实验提供了掩模版图。实验得到室领导毛亮、王家齐同志的支持和帮助,对此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] R. C. Alferness; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1981, **QE-17**, No. 6, 946.
- [2] D. B. Ostrowsky; *Fiber and Intergrated Optics*, 1979, Plenum Press, New York.
- [3] 上海交通大学科技交流室,外籍专家讲稿(29),集成光学进展第二集,1982. 5, p. 13.
- [4] T. R. Rangahath *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1977, **QE-13**, 290~295.
- [5] J. L. Jackel *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1981, **38**, No. 7, 509~511.
- [6] F. J. Loonberger; *Opt. Lett.*, 1980, **5**, No. 7, 312.