

波 导 电 光 棱 镜

李 玉 善

(中国科学院长春物理所)

提 要

在Ti扩散LiNbO₃波导上,用常规光刻工艺研制出波导电光棱镜。将它用作强度调制器时,100%调制电压为±19V,基带带宽为1.5GHz,每单位带宽所消耗的功率为9.5mW/MHz;用作双极开关时,开关电压为±19V,开关时间为0.1ns。

宽带、高速、低功耗的光波导调制、开关和束偏转器件是未来单模光纤通信和光信息处理等集成光学系统所必需的。我们在b切LiNbO₃:Ti平面扩散波导上,用常规光刻制版工艺制作了双棱镜式的电极结构,以此有效地模拟了大块电光棱镜,可以用作束偏转器、强度调制器和光开关。

图1表示波导电光棱镜的电极结构和晶轴取向,平行电极的长度B为1cm,间隙A为200μm;斜电极宽度为10μm,斜电极与平行电极之间的最近距离为10μm。外加电场指向c轴,斜电极电压为零,两个平行电极的电压为V₀。外加电场在两个电极区域内产生符号相反而大小相等的折射率增量,由此起到两个等效电光棱镜的作用,使入射到平行电极之间的光束因电光效应而发生偏转。

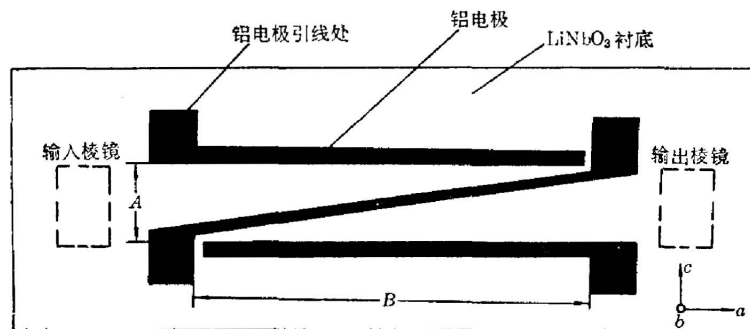


图1 波导电光棱镜的电极结构

制作电极时,要在波导表面上蒸发一层约1μm厚的铝膜,然后用光刻工艺制作如图1所示的电极结构。用超声点焊法将φ30μm的铝丝焊接到电极引线处,引线长度约为2cm,将它连接到电源所携带的电缆一头,以作供电使用。为了使引线与电极接触牢靠,必须在焊点处涂一层牢固剂。

用金红石棱镜将6328Å He-Ne激光束耦合到LiNbO₃:Ti波导的TE模中,在平行电极

之间沿 α 轴传播, 在电极的另一端出射的偏转光束又用金红石棱镜耦合。图 2 表示带有输入

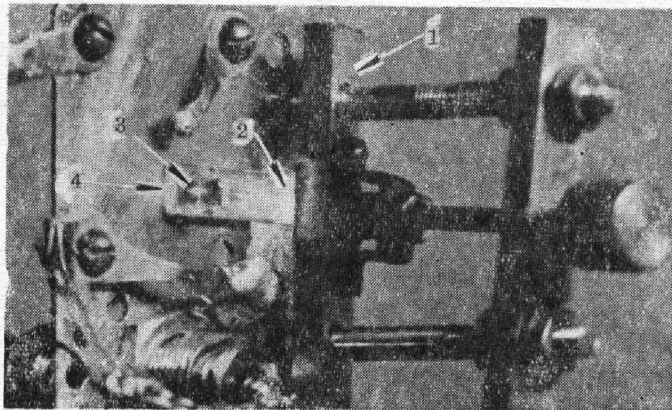


图 2 带有输入和输出棱镜的实验装置照片:
1—夹具; 2—输入棱镜; 3—输出棱镜; 4—波导样品。

和输出棱镜的实验装置照片。对于输入棱镜, 用夹具适当控制棱镜与波导间隙^[1], 力求达到较高的输入耦合效率。对于输出棱镜, 则用冷杉胶 15# 将它直接粘到波导表面上, 适当控制耦合间隙, 耦合效果很好, 同时避免用机械夹具所带来的困难, 使用方便, 操作简单。在不用输出棱镜时, 冷杉胶可由乙醇擦洗干净。

输出光束的可分辨束斑数目为^[2]

$$N = n_e^3 r_{33} B \cdot DV_0 / \lambda A^2, \quad (1)$$

式中 r_{33} 为电光系数, n_e 为非寻常折射率, λ 为激光波长, D 为在平行电极之间传播的高斯光束腰。为了测量 N , 将由输出棱镜耦合的激光束投射到离电极输出端距离为 L 的毛屏上, 用读数显微镜测量束斑直径 d 和偏转距离 l , 由此测出 $N = \frac{l}{d}$ 。在表 1 中列出在不同电压下的 N 的理论值和测量值。理论值是由式 (1) 计算的, 使用的参数为 $n_e = 2.2$, $r_{33} = 3 \times 10^{-11} \text{m/v}$, $B = 1 \text{cm}$, $A = 200 \mu\text{m}$, $D = 200 \mu\text{m}$, $\lambda = 6328 \text{\AA}$ 。理论和测量值的相互符合表明, 晶体在扩散过程中无明显的退极化现象。由表 1 可以看到, 当外加电压 $V_0 = \pm 19 \text{V}$ 时, 可以做到 100% 强度调制和开关。

表 1 在不同电压下的 N 理论值和测量值的比较

V_0 (伏)	N	
	理 论 值	测 量 值
± 12	0.6	0,6
± 19.5	1	1

图 3 是 $V_0 = 0$ 和 $V_0 = \pm 20 \text{V}$ 时的两个输出光斑照片, 显然两个光斑完全是分开的。

把这个波导电光棱镜用作强度调制器时, 基带宽为^[3]

$$\Delta f = (\pi RC)^{-1} \quad (3)$$

式中, C 为电极电容, R 为和电极电容并联的负载电阻。用精密电容测量仪所测得的包括引线连接器的分布电容在内的电极电容为 4.2pF , 并利用电源携带的电缆电阻 $R = 50 \Omega$ 得到基带带宽为

$$\Delta f = 1.5 \text{GHz}.$$



图 3 $V_0 = 0$ 和 $V_0 = \pm 20 \text{V}$ 时的两个输出光斑照片

器件在单位带宽内所消耗的驱动功率为

$$P/\Delta f = \frac{\pi}{2} CV^2 \quad (4)$$

利用 $V_0 = \pm 19\text{V}$, 得到 100% 强度调制所需的功耗为 $P/\Delta f = 9.5\text{mW/MHz}$ 。把这一器件用作双极开关时, 开关电压为 $\pm 19\text{V}$, 开关时间为^[4]

$$\tau = 1/2\pi \Delta f = 0.1\text{ns}。$$

如果电极结构和尺寸设计适当, 则可以进一步改进器件性能。一旦解决 Ti 扩散 LiNbO_3 波导与光纤的连接问题, 上述波导电光棱镜可以付诸实用。

这里, 向在此项研究工作中负责制版和光刻的任秉复、郑建和、王淑荣、李亚君同志深表谢意!

参 考 文 献

- [1] 李玉善、金锋; 《激光》, 1980, **7**, No. 1(Jan), 42.
- [2] I. P. Kaminow, L. W. Stulz; *IEEE J. Q. E.*, 1975, **QE-11**, No. 8 (Aug), 633.
- [3] I. P. Kaminow *et al.*; *A. P. L.*, 1973, **22**, No. 10(15 May), 540.
- [4] T. Tamir; *Integrated Optics*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1975, 145.

The waveguide electro-optic prism

LI YUSHAN

(Changchun Institute of Physics, Academia Sinica)

(Received 20 March 1980)

Abstract

The guided-wave electro-optic prism has been fabricated by the process of photolithography on a Ti-diffused LiNbO_3 waveguide. When it is used as an intensity modulator, the driving voltage is $\pm 19\text{V}$ for 100% modulation depth, the fundamental bandwidth is 1.5GHz, and the driving power per unit bandwidth is 9.5mw/MHz. When it is used as a bipolar switch, the switching voltage is $\pm 19\text{V}$, and the switching time is 0.1ns.