

对此我们进行了实验验证。图7是直接探测得到的解调波形,图8则是直接探测后在频谱分析仪上得到的频谱照片。这些结果皆与理论分析相吻合。

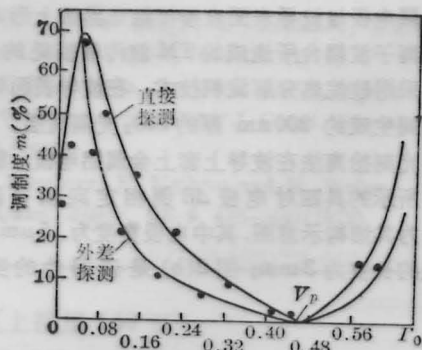


图9 内腔电光调制的调制度与直流位相延迟的关系。实线为理论曲线,“·”为实验值

五、调制度与 Γ_0 的关系

当电光调制近似为 AM 或 IM 时,定义其调制度 m 为基波幅度与直流分量的比,即调制有用信号在整个调制光输出中所占的比例,于是

$$m_{IM} \equiv c_1/c_0, \quad m_{AM} = c'_1/c'_0 \quad (13)$$

根据数值求解,给出内调制的调制度与直流相位延迟的关系如图9。

参 考 文 献

- 1 代伐,曾昭信,中国激光,13(9),559(1986)
- 2 曾昭信,代伐,成都电讯工程学院学报,16(1),48(1987)
- 3 代伐 *et al.*, 中国激光,14(6),380(1987)

(收稿日期:1987年9月14日)

钛扩散铌酸锂波导多电极 $\Delta\beta$ 倒相定向耦合器

汤小泓 陈 铮 蔡伯荣

(成都电讯工程学院光电子技术系)

Ti-LiNbO₃ channel waveguide switched directional coupler with alternating $\Delta\beta$

Tang Xiaohong, Chen Zheng, Cai Borong

(Department of Opto-Electronics Technology, Chengdu Institute of Radio Engineering, Chengdu)

提要: 本文报道了我们研制的四对电极的定向耦合器。利用电极连接的不同方式,分别测试了一对电极、两对电极和四对电极三种工作状态下器件的工作特性。采用四对电极工作时,器件实现了交叉和直通两种工作状态的电调制。

关键词: 多电极定向耦合器

前 言

功耗低、调制度高、调制带宽以及体积小、重量轻、便于集成等优点,使集成光学沟道波导电光调制器/开关在单模大容量光纤通信和光传感技术等领域中有着广泛的应用前景。近十年来,这类器件的研究和开发一直为人们所关注。

双沟道波导定向耦合器,因可获比其它结构调

制器更高的调制度,受到人们的高度重视。最近,国外报道了在通信网络中作为切换开关的定向耦合器阵列^[1]。然而,一般只有一对电极的定向耦合器,将受到器件制备精度和工作波长的限制。要使器件工作于良好的交叉状态,就要求器件耦合区的长度 L 与导模的耦合长度 l 间满足如下关系:

$$L = (2m+1)l \quad m=0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

其中,耦合长度 l 是器件波导结构参数和导模波长

的函数。要从制备工艺上来满足上述条件是相当困难的。

为克服上述困难, R. V. Schmidt^[2]和 H. Kogelink^[3]等人提出了多电极 4β 倒相定向耦合器的设想, 用耦合模理论分析讨论了这种器件的开关特性, 并从实验上研究了具有两对电极一次 4β 倒相的定向耦合器。为进一步实验研究它的工作特性和开关条件, 我们研制了具有四对电极结构的 4β 倒相定向耦合器, 并进行了特性测试。

器件的制备

在 z 切 LiNbO_3 衬底上, 采用光刻抬离技术制

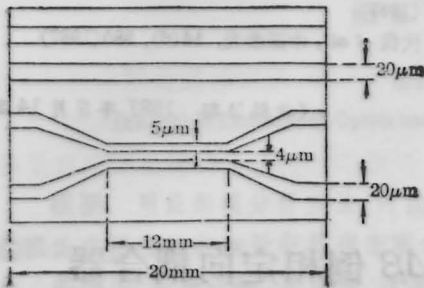
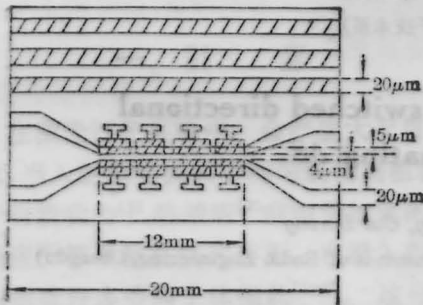


图1 平行双 Ti 条结构示意图



(a)



(b)

图2 四对电极 4β 倒相定向耦合器

得如图 1 所示的平行双 Ti 条结构 (上面的宽 Ti 条作参考波导)。然后进行高温 Ti 扩散, 其条件是: 在 $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ 环境中, 在 1050°C 温度下扩散 3 小时 (不包括升降温时间), Ti 条厚约 30nm, 再将扩散波导进行端面精密抛光, 以备端面耦合测量。为减小由金属电极与波导表面直接接触在界面上形成非辐射等离子波耦合所造成的 TM 波传输损耗的增长, 我们采用硅烷热分解沉积技术, 在波导表面与金属电极间生成约 200nm 厚的 SiO_2 光隔离层。最后, 再用光刻抬离法在波导上套上金属铝电极, 制得如图 2 所示的具四对电极 4β 倒相定向耦合器, 图 2(a) 为其结构示意图, 其中电极宽度为 $15\mu\text{m}$, 每个电极的长度为 3mm; 图 2(b) 是该器件的实物照片。

测试与结果

采用如图 3 所示的测试系统, 测试了该器件的性能。

首先测量了沿衬底表面法线方向 z 的光场分布如图 4 所示。由图可见场分布呈非对称高斯型。其归一化光场分布可写成:

$$\varphi(z) = \frac{1.21}{\sqrt{\pi}} \begin{cases} \exp(-0.92z^2) & z > 0 \\ \exp(-0.61z^2) & z < 0 \end{cases} \quad (2)$$

扩散波导的中心处 $z=0$ 。

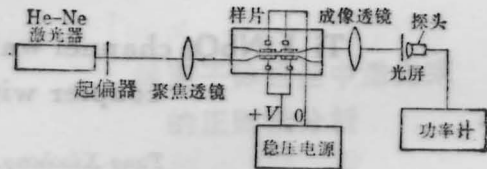


图3 测试装置框图

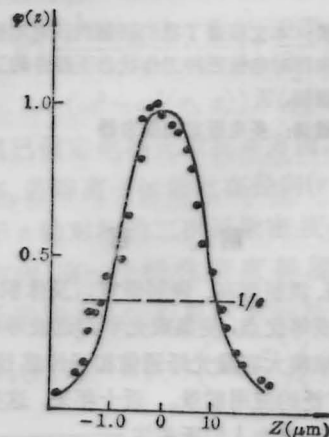


图4 光场分布测试图

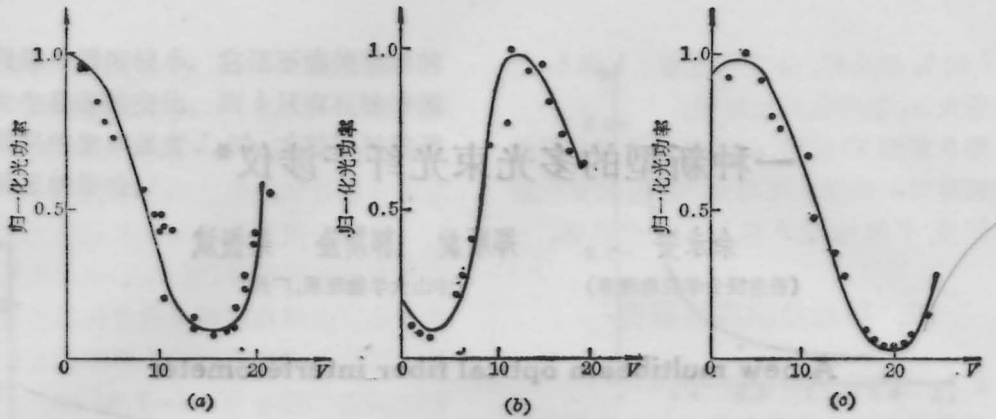


图 5 输出光功率—电压测试曲线

(a) 一对电极; (b) 二对电极; (c) 四对电极

其次, 对连接成一对电极、二对电极一次 4β 倒相和四对电极三次 4β 倒相的三种情况测量了器件的调制特性, 如图 5(a)、(b) 和 (c) 所示。从图可见三种电极连接下的调制电压分别为 13V、10.5V 和 17V。相应的调制深度分别为: 91.7%、92.3% 和 95.5%。

由图测出: 在一对电极下使器件工作于直通态的调制电压为 16.5V。针对该器件的电极结构, 其外加电压 V 与波导中电场 E_z 间有如下的近似关系

$$E_z = 0.013 V (\text{V}/\mu\text{m}) \quad (3)$$

该电场引起的器件两波导中导模传播常数之差为^[4]

$$\Delta\beta = \frac{2\sigma}{\lambda} n_e^2 \gamma_{33} E_z \quad (4)$$

式中, λ 为工作波长; n_e 为材料的非常光折射率; γ_{33} 为电光系数。本文 $\lambda = 632.8 \text{ nm}$; $n_e = 2.203$; $\gamma_{33} = 30.8 \times 10^{-12} (\text{m}/\text{V})$, 将它们和 $V = 16.5 \text{ V}$ 代入式 (4) 计算得 $(\Delta\beta L/\sigma) = 2.64$ 。再根据 H. Kogelnik 等所

得的定向耦合器开关特性^[5], 得到 $L/l \approx 3.1$ 。可见, 在此条件下, 一对电极和二对电极一次 4β 倒相结构定向耦合器的开关特性相似, 都不能实现交叉和直通两种工作状态的电调制。而四对电极三次 4β 倒相的器件则能实现这两种工作状态的电调制, 这与我们的测试结果一致。

参 考 文 献

- 1 C. G. Ramey, *IEEE J. Quant. Electr.*, QE-18, 386 (1982)
- 2 R. V. Schmidt *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 28, 503 (1976)
- 3 H. Kogelnik *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.* QE-18, 306 (1976)
- 4 [美] T. 塔米尔主编, 集成光学(科学出版社, 北京 1982), 193

(收稿日期: 1987年9月14日)

(上接第 176 页)

大条纹很锐。图 2(b) 是 4 光纤光束干涉条纹, 图中两主极大之间存在二个次极大清晰可见, 次极大亦很强。图 2(c) 则是 2 光纤产生的干涉条纹, 显然已没有次极大存在, 而且条纹很宽。

我们还在 He-Ne 激光器出口处加上尼科尔棱镜, 使每一光纤的光产生偏振, 所得的干涉条纹的质量改善不大, 这可能是我们使用的光纤保偏性能不好。我们亦曾在各光路中适当加上滤光片, 以改善每束光的光强, 当各束光光强接近相等时, 条纹锐度及反差很好, 但因总光强大大减弱, 故没拍下此照片。

由于我们使用的是多模光纤, 所以干涉条纹是叠加在光纤斑纹场上, 因而干涉条纹呈现非周期性模糊, 假若使用单模光纤, 干涉条纹定会比现有的好。

结 论

本文提出的多光束光纤干涉仪, 其干涉条纹是直线形状, 与已有的法布里-珀罗多光束光纤干涉仪相比, 法-珀光纤干涉仪的干涉条纹呈圆环状, 这种直线条纹对某些应用来说会带来一定方便。

由于光纤直径小, 单模光纤直径在几 μm 范围, 所以由多光纤组成的这种光纤干涉仪, 体积仍然很小。实用上可把光纤的输入端全部粘合在一起成星形耦合器, 用一只适当倍数的显微物镜便可, 这样的改进, 可使这种多光纤干涉仪十分小巧, 甚至可以集成化。

由于每路光在各自光纤中传播互不干扰, 因而可在每路光纤中设一开关, 这样, 本多光束光纤干涉仪还可按使用者要求, 随意选择光束数目。

(收稿日期: 1987年7月14日)