

LiNbO₃ 光波导输出光场分布的测量*

刘永智** 刘永*** 陈伟 张利勋

(电子科技大学光电子技术系 成都 610054)

【摘要】 介绍了用二维扫描振镜测量 LiNbO₃ 光波导输出光场分布的方法。分析了影响测量准确性与空间分辨率的因素。同 CCD 摄像法比较, 该方法具有更广的波长适应性。

关键词 光波导; 光扫描; 光场分布; 电荷耦合器件

中图分类号 TN814

在 LiNbO₃ 集成光路的设计与制造中, LiNbO₃ 光波导输出光场分布的测量是必不可少的一步, 它对保证波导单模运转以及同光纤的有效耦合都十分重要, 可以通过输出光场分布的分析来确定或修定波导结构参数(几何尺寸、折射率分布等)的设计与调整制作工艺。工作在红外波长的 LiNbO₃ 光波导输出光场通常用转动反射镜或移动探测器的方式进行测量, 这属于一维测量, 而分辨率高的红外摄像机(变像管或 CCD)由于其价格较贵使用较少。本文介绍一种用二维扫描振镜测量 1.3 μm 工作波长 LiNbO₃ 光波导输出光场分布的方法, 并就影响测量准确性与分辨率的因素进行分析。实验表明该方法可获得 >10⁴ 点的空间分辨率, 具有比 CCD 更广的波长适应性。

1 测量原理与装置

测量装置如图 1 所示, 扫描反射镜 A、B 将从波导 W 输出的光线反射并逐一扫描投射到 GaAlAs 单元探测器 D 上。其中反射镜 A 作水平扫描, B 作垂直扫描。它们分别由计算机控制的扫描驱动源 M_x、N_y 所驱动。探测器 D 输出的光电信号经放大后由 A/D 转换送入计算机顺序存储, 最后再由计算机生成光场图。测量系统的等效光路如图 2 所示。l₁、l₂ 分别为波导端面到反射镜与反射镜到探测器的距离。设远场为一椭圆斑, 则扫过探测器的光斑面积为

$$S = \pi ab \tag{1}$$

其中

$$a \approx (l_1 + l_2) \text{tg} \alpha \tag{2}$$

$$b \approx (l_1 + l_2) \text{tg} \beta \tag{3}$$

式中 α、β 分别为与波导表面平行和垂直方向出射光的半发散角。设输出光功率 P (μW), 探测器为圆形, 直径为 d (μm), 则测量系统的最低空间分辨点数 M 与能探测的最小光功率 P_{min} 分别为

$$M = 4 \frac{S}{\pi d^2} = \frac{4ab}{d^2} \tag{4}$$

$$P_{\min} \approx \frac{1}{3} \frac{P}{M} \text{ 或 } M = \frac{1}{3} \frac{P}{P_{\min}} \tag{5}$$

由以上可见, 系统的空间分辨点数 M 主要决定于波导输出光功率与探测器(包括相关电路)所能探测的最小光功率之比。若输出光功率为 150 μW, 所能探测的最小功率为 1 nW, 则由式(4)得到的空间分辨点数为 5 × 10⁴ 与 256 × 256 元 CCD 的空间分辨点相当。利用式(1)~(5), 通过 l₁、l₂ 距离选择可以获得尽可能大的 M。由于扫描镜尺寸有限, 因此距离 l₁ 将首先受到限制, 测量时以保证光斑占有 60~70% 镜面面积为利。

由图 3 可以得到入射到探测器上光线扫描角 θ 与振镜扫描角 γ 和波导输出光发散角 α (或 β) 间关系为

1998 年 10 月 14 日收稿, 1998 年 12 月 3 日修改定稿

* 国防科工委预研基金资助项目

** 男 57 岁 博士 教授

*** 男 30 岁 硕士 讲师

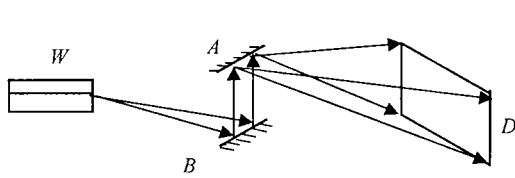


图 1 远场测量装置

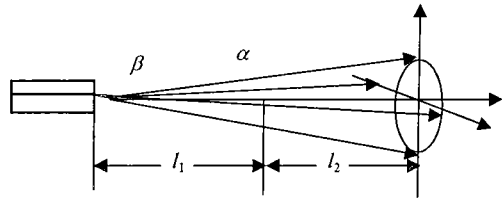


图 2 测量系统等效光路

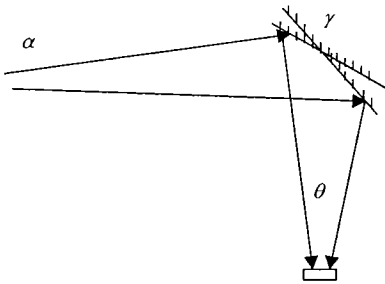


图 3 扫描角 θ 、 γ 和光发散角 α 间的关系

水平方向 $\theta_x = 2\gamma_x - \alpha$ (6)

垂直方向 $\theta_y = 2\gamma_y - \beta$ (7)

因此当 $\theta=0$ 时, $\gamma_x = \frac{\alpha}{2}$ (或 $\gamma_y = \frac{\beta}{2}$), 这表明振镜的扫描角不能小于输出光的发散角。显然, 对于发射角大的器件(如半导体激光器), 一般扫描振镜由于扫描角有限(在本实验中为 $\pm 7^\circ$) 而不适用。同样, 由式(6)、(7)可知, 当 $\gamma_x = \gamma_y = 0$ 时, $\theta_x = \alpha$ 、 $\theta_y = \beta$, 探测器的接收角不能小于输出光的发散角。

利用图 3 可以得到所生成光场中心与边缘像元尺寸误差为

$$\Delta = \frac{d_0 - d_\theta}{d_0} \quad (\%) \quad (8)$$

式中 d_θ 与 d_0 分别为扫描光与探测器成 θ 角与垂直入射时光束直径, 有

$$\frac{d_\theta}{d_0} = \cos\theta \quad (9)$$

由式(2)、(3)可求得近场光斑大小, 即

$$a_0 = a - (l_1 + l_2)\text{tg}\alpha \quad (10)$$

$$b_0 = b - (l_1 + l_2)\text{tg}\beta \quad (11)$$

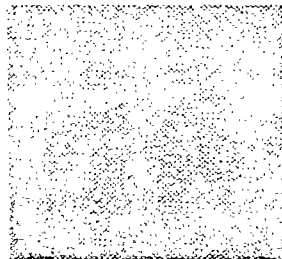
但由于 a_0 、 b_0 很小(微米量级), 等式右端任一量的测量误差都会远超出 a_0 、 b_0 值, 因此近场光斑大小确定还需借助显微标尺方法。

2 测量结果

利用上述方法, 我们用 He-Ne 激光输入分别对波长 632.8 nm 时的单模石英光纤与 1.3 μm 时的



(a) 632.8 nm 单模光纤



(b) $\lambda=1.3 \mu\text{m}$ 时单模的 LiNbO_3 波

图 4 在 $\lambda=632.8 \text{ nm}$ 下测得的远场分布

LiNbO₃ 单模波导输出光场进行了测量。测量系统的 $l_1=12$ cm, $l_2=18$ cm, Si-PIN 探测器 $d=500$ μm , 得到的输出光场分别如图 4a、b 所示。由图 4b 可见, 在 $\lambda=632.8$ nm 波长下, 1.3 μm 波长的单模 LiNbO₃ 波导呈现多模输出特性。测量光纤所获得的空间分辨点数为 6.12×10^4 。

同样, 我们在 1.3 μm 波长下对 1.3 μm 单模工作的 LiNbO₃ 波导输出光场进行了测量, 其 GaAlAs 探测器 $d=500$ μm , 得到的光场分布如图 5 所示。这是一典型的单模沟道波导场分布, 其系统的空间分辨点数为 5.86×10^4 。



图5 1.3 μm 工作波长 LiNbO₃ 单模波导输出远场分布 (1.3 μm 激光输出)

3 结束语

本文介绍了用二维扫描振镜测量 LiNbO₃ 光波导输出光场分布的方法。分析表明测量空间分辨率主要决定于待测波导输出光功率与探测器最小可探测功率之比, 可以通过调节扫描振镜与探测器距离来保证。光场中心与边缘所生成的像元尺寸偏差随被测对象发散角的增大而增加。实验结果表明, 该方法可以获得与 CCD 相近的空间分辨率 ($>10^4$) 而具有更广的波长适用性, 是一种行之有效的办法。

参 考 文 献

- 1 张纯玉, 王延福. 面阵 CCD 用于激光束能量空间分布的测量. 中国激光, 1992, 19(1):43~45
- 2 周反正, 竺庆春, 邱求进. CCD 用于激光一维场分布的测量. 中国激光, 1982, 11(3):183~185
- 3 Pogossian S P. A new approach to determining the waveguide mode index distribution. Opt & QE, 1993, 25(2):417~422
- 4 Coppa G, Divita P, Possi V. Characterisation of single-mode fibres by near-field measurement. Electron Lett, 1983, 19:293~294

Measurement of Output Light Field Distribution from LiNbO₃ Optical Waveguide

Liu Yongzhi Liu Yong Cheng Wei Zhang Lixun

(Dept. of Opto-electronic Technology, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract A method for measurement of output light field distribution from LiNbO₃ optical waveguide by optical scanner with two dimensions is presented. The faults of influence to measuring accuracy and spacial resolution are analyzed respectively. This method is more suitable in large wavelength range compared with CCD camera.

Key words optical waveguide; optical Scanning; optical field distribution; CCD