

## K<sup>+</sup> 交换玻璃条形光波导

**Abstract:** Single-mode integrated optical stripe waveguides were fabricated on glass substrates by Na<sup>+</sup>↔K<sup>+</sup> ion exchange. A new coupling method is presented.

为了在玻璃衬底上产生波导层，必须设法使这一层的折射率  $n$  大于周围介质的折射率。玻璃的折射率与玻璃的密度和构成玻璃的各种离子的电极化率有关，如果将重离子如 Ag<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Tl<sup>+</sup> 等扩散到玻璃中去取代较轻的离子 Na<sup>+</sup> 和 Li<sup>+</sup>，在交换区的折射率就会高于非交换区，从而形成波导。

溶盐一般采用 AgNO<sub>3</sub>、TlNO<sub>3</sub>、KNO<sub>3</sub> 等，前二种波导国内已有人研究过，这里报告的是把抛光的 K<sub>7</sub> 玻璃浸在 KNO<sub>3</sub> 溶液中，在 380°C 恒温 1~20 小时制成的单模光波导。

K<sup>+</sup> 离子交换光波导的主要优点是成本低、波导厚度大，从而减少散射损耗；并且交换条件容易控制，容易制成单模波导。实验发现，在 380°C 下，交换时间在 1~24 小时内均为单模波导；在交换时间为 1 小时时，波导厚度约为 2.5 微米<sup>[1]</sup>。它便于与单模光纤进行耦合。K<sup>+</sup> 交换波导的损耗较低，典型单模通道波导，在 0.633 微米激光下，估计损耗为 0.5 分贝/厘米<sup>[1]</sup>。

实验发现，不同组分的光学玻璃作衬底，交换的结果不同。我们实验中将 K<sub>7</sub> 和 K<sub>9</sub> 玻璃同时在相同条件下进行交换，K<sub>9</sub> 玻璃衬底就不能形成光波导，用硅酸铝玻璃在 KNO<sub>3</sub> 中进行交换比较有利。

玻璃的化学成份重量比如下：

K<sub>7</sub>: SiO<sub>2</sub> 69.29%, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7.6%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.54%,  
As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.38%, PbO 3.55%, ZnO 1.56%,  
K<sub>2</sub>O 4.16%, Na<sub>2</sub>O 10.92%;

K<sub>9</sub>: SiO<sub>2</sub> 66.41%, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9.13%, K<sub>2</sub>O 15.5%,  
Na<sub>2</sub>O 2.72%, BaO 1.46%, ZnO 3.53%,  
CaO 0.75%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.5%, As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.5%。

由此可见，含 Na<sub>2</sub>O 高的玻璃材料易形成波导。

为了测量模有效折射率，用 ZF<sub>6</sub> 玻璃棱镜将 He-Ne 激光 ( $\lambda=0.633$  微米) 耦合到薄膜中，测出模

式的耦合角，利用下式计算模有效折射率：

$$N_m = \cos \varepsilon \cdot \sin \theta_m + \sin \varepsilon \cdot (n_p^2 - \sin^2 \theta_m)^{\frac{1}{2}}$$

其中  $\varepsilon$  是棱镜角， $n_p$  是棱镜折射率， $\theta_m$  是第  $m$  阶模的同步角。我们测得的 TE<sub>0</sub> 模的有效折射率  $N_0$  为 1.5173，折射率增量  $\Delta Ne=0.0044$ ，波导层折射率增量与所用玻璃材料中含 Na<sub>2</sub>O 的重量比有关。含 Na<sub>2</sub>O 多的，折射率增量也越大，另外与交换时间有关，交换时间越长，增量越大(在未饱和交换条件下)。

利用 K<sup>+</sup> 离子交换波导研制成功 3 种条形波导，条宽分别为 15 微米、10 微米和 5 微米。下图是激光束在 5 微米条波导中的传输情况。



图 1 He-Ne 激光在 5 微米条波导中的传输情况

为了克服激光与条波导耦合的困难，采用了一种新的制作方法。在平面衬底上一部分作条波导，而另一部分作平面波导，耦合时，把输入棱镜放在平面波导部分，先耦合出传输线，然后再上下调正载物台直到导模在条波导中传输为止。此方法可推广到其他集成光学回路中去。

### 参 考 文 献

- [1] T. Findakly, B. Chen; *Appl. Phys. Lett.*, 1982, 40, No. 7, 549.

(中国科学院长春物理研究所 刘洪举

1983年9月2日收稿)