

掺 $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ 玻璃波导变周期光栅 空间扫描特性研究*

郑杰 徐迈 霍振光

(中国科学院长春物理所, 长春 130021)

李永贵 沈虹

(中国科学院长春光机所, 长春 130022)

提要 本文报道了在掺 $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ 玻璃波导上制备出变周期光栅耦合器, 获得了非线性变周期光栅的光控空间扫描特性并指出这种光控扫描特性是热非线性效应所致。

关键词 非线性导波, 变周期光栅耦合器, 掺 $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ 玻璃

Optically controlled spatial scanning via chirped grating coupler in $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ doped glass waveguide

ZHENG Jie, XU Mai, HUO Zhenguang

(Changchun Institute of Physics, Academia Sinica, Changchun 130021)

LI Yonggui, SHEN Hong

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Changchun 130022)

Abstract Nonlinear chirped grating coupler of $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ doped glass waveguide was fabricated and its optical control spatial scanning effect was obtained experimentally for the first time. Operating nature of the observed phenomenon is thermal nonlinearity.

Key words nonlinear guided-wave, chirped grating coupler, $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ doped glass

1 引言

集成光学为制备基于非线性光学效应的全光逻辑元件提供了极为广阔的途径^[1,2]。由于光能量被局限在微米量级的波导薄膜中, 因此, 非线性光学效应要求的高功率密度和长的相互作用距离二要素完全可以在波导中实现, 所以具有十分诱人的发展前景。在非线性导波光学中, 光栅器件有很多应用^[2], 并占有重要的地位, 由于非线性导波的有效折射率(或波矢量)与耦合

收稿日期: 1992年8月26日; 收到修改稿日期: 1992年11月9日。

* 国家自然科学基金资助项目。

进波导的光功率密度有关, 所以通过改变导波光强来调制光栅的布喇格条件就可以改变波导的传输行为, 这就使原来线性导波光栅的聚焦、反射、分束、滤波等功能具有了光控制作用。

变周期光栅耦合器可用于把导模耦合输出, 使其变为辐射模后在空间聚焦, 如图 1 所示, 焦点位置可表示为^[3]

$$Z_f = \frac{k_z(0)L \sqrt{k^2 - k_z^2(L)}}{k_z(0) \sqrt{k^2 - k_z^2(L)} - k_z(L) \sqrt{k^2 - k_z^2(0)}} \quad (1)$$

$$X_f = \frac{\sqrt{k^2 - k_z^2(0)}}{k_z(0)} \cdot Z_f \quad (2)$$

式中, $k_z(0) = \beta - 2\pi/\Lambda(0)$, $k_z(L) = \beta - 2\pi/\Lambda(L)$, $k = 2\pi/\lambda$, $\beta = kN_m$ 为导波传播常数, N_m 为有效折射率。由(1), (2) 两式可知焦点位置与波导有效折射率有关。如果把变周期光栅制备在非线性质波导上, 利用非线性媒质的光强感应折射率效应, 即

$$n = n_0 + n_2 I \quad (3)$$

式中, n_0 为低光强下的线性折射率, n_2 为非线性折射率系数, I 为光强。当改变光强时, 将引起有效折射率变化, 从而引起焦点位置的改变, 即产生光控空间扫描作用。这种特性可望在全光信号处理及动态光互连中得到应用^[4]。

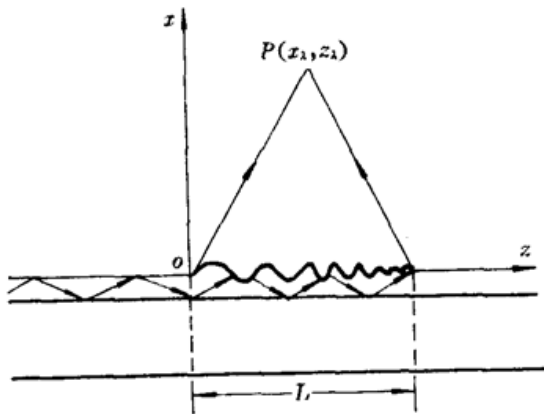


Fig. 1 Spatial focus of chirped grating

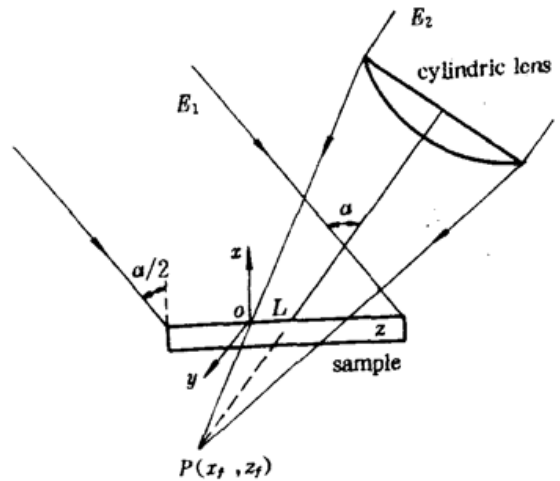


Fig. 2 Recording arrangement and geometry for the fabrication of chirped gratings

2 非线性变周期光栅的制备

用 $K^+ - Na^+$ 离子交换技术制备掺 $CdS_xSe_{(1-x)}$ 玻璃非线性平面波导。制备过程如下: 将表面抛光好的样品清洗后放入离子交换炉中, 在 $350\text{ }^\circ\text{C}$ 恒温下进行 $K^+ - Na^+$ 离子交换, 1 h 便形成我们所需要的单模平面波导(在 514.5 nm 波长下的有效折射率 $N_0 = 1.5290$)。然后在此样品上旋涂 AZ1350 光致抗蚀剂, 用图 2 所示的光路进行相干曝光, 显影后便形成我们所需要的变周期光栅。在制备中, 我们选用波长为 457.9 nm 的氩离子激光为曝光光源, 曝光夹角 α 为 86° , 柱面透镜焦距为 5 cm , 焦点位置 Z_f 和 X_f 分别为 -1.0 cm 和 -1.5 cm 。光栅周期可表示为^[3]

$$\Lambda(z) = \frac{\lambda}{\sin(\alpha/2) + (Z - Z_f) / \sqrt{(Z - Z_f)^2 + X_f^2}} \quad (4)$$

实验得到的最大周期 $\Lambda(0)$ 和最小周期 $\Lambda(L)$ 分别为 370.66 nm 和 329.66 nm , 光栅长度 L 为 0.5 cm 。

3 空间扫描特性测量

测量装置如图 3 所示,样品为掺 $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ 玻璃波导变周期光栅,通过直角棱镜把波长为 514.5 nm 的连续氩离子激光输入波导,再通过变周期光栅耦合输出,并在空间聚焦。把显微镜的物镜置于焦点处看到焦点是一条亮线(亮线的宽度为 $10 \mu\text{m}$ 左右)。先将激光功率置于最小,然后逐渐增大,测得焦点位置变化与输入激光功率的关系,如图 4 所示。我们观察到的最大焦点位置变化量约为 $80 \mu\text{m}$,最大扫描角度为 0.1° 。此时波导中的激光功率密度为 $1.5 \times 10^2 \text{ W/cm}^2$,在这种情况下我们估算其波导有效折射率的变化为 $\Delta n = 2.7381 \times 10^{-3}$,根据公式(3)得到非线性折射率系数为 $n_2 = 1.8254 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{W}$,这个数值比克尔非线性折射率系数大 4~5 个数量级,所以本实验利用连续的氩离子激光为光源实现的空间扫描是基于热非线性效应,故其空间扫描速率为微秒量级。如果要求更快的扫描速率,可用超短脉冲激光为光源在掺 $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ 玻璃波导上激励电子非线性来代替现在的热效应来实现。

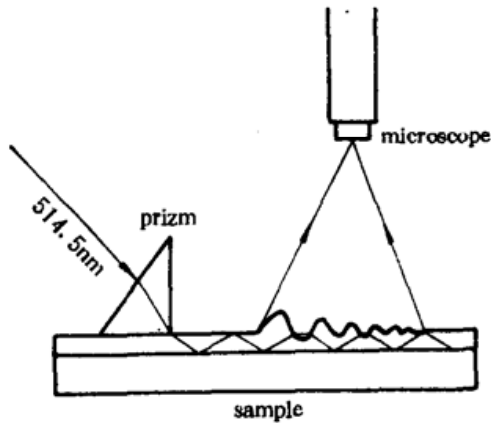


Fig. 3 Set-up for measuring spatial scanning

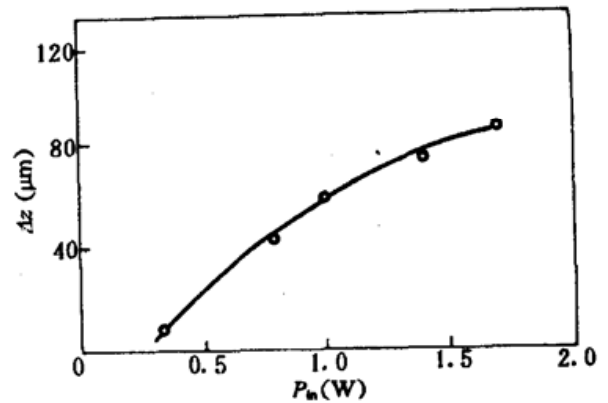


Fig. 4 Change of focal points vs incident power

参 考 文 献

- 1 G. I. Stegeman, C. T. Seaton, *J. Appl. Phys.*, **58**(12), R57(1985)
- 2 G. I. Stegeman *et al.*, *J. Lightwave Technology*, **LT-6**(6), 853(1988)
- 3 A. Katzir *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-13**(4), 296(1977)
- 4 J. W. Goodman *et al.*, *Proc. SPIE*, **456**, 72(1984)