

He⁺ 离子注入 KTiOPO₄ 晶体波导的制备及其性能研究

卓 壮* 王克明** Y. T. Chow*** 时伯荣**

(* 山东师范大学物理系, 济南 250014; ** 山东大学物理系, 济南 250100;

*** 香港城市大学工程系)

提要 报道了液氮温度 He⁺ 离子不同的注入能量和剂量条件下 KTiOPO₄ 晶体波导的制备, 利用 *M* 线光谱法测量了退火后波导各导模的有效折射率, 计算了波导层折射率的分布和晶体中离子的射程分布与损伤分布, 二者吻合得较好。

关键词 He⁺ 注入, KTiOPO₄ 波导, 折射率分布, 射程分布

KTiOPO₄ (KTP) 晶体由于具有较大非线性光学系数、电光系数、较高的抗光伤阈值和良好的热稳定性能, 因而广泛地应用于光学频率转换和制备各种波导光学器件^[1,2]。Zhang 等人曾报道了 He⁺ 在 2.5 MeV 和 2×10^{16} 离子/cm² 的注入条件下制备 Z 切 KTP 晶体波导的过程^[3]。与此不同的是本文报道了液氮温度下, 不同能量和剂量 He⁺ 离子作为注入离子的 X 切 KTP (He:KTP) 波导的制备与性能研究。

1 样品制备

我们采用双面抛光 X 切 KTP 晶体片作为衬底, 大小为 $10 \times 10 \times 1$ mm³, 清洗干净将其放在具有良好热接触的样品架上, 保持冷却在液氮温度下。He⁺ 离子的注入能量和剂量分别为 2.5 MeV 和 1×10^{16} 离子/cm²; 2.7 MeV 和 5×10^{15} 离子/cm²; 3.0 MeV 和 1×10^{16} 离子/cm², He⁺ 总的注入剂量为 2.5×10^{16} 离子/cm²。离子束的束流为 700 nA, 注入过程中离子束均匀扫描样品表面, 而后将该样品在空气中 250 °C 的温度下退火 1 h 待测^[4]。

2 测试与分析

根据 *M* 线光谱法^[5], 我们在 514.5 nm 的氩离子激光下测量了退火后 He:KTP 晶体波导中各不同偏振导模有效折射率。由于在波导制备过程中我们采用不同的注入能量, 加宽了波导中的损伤壁垒, 基本上消除了导光波的隧道效应。因此可利用 IWKB 法计算 He:KTP 波导主折射率 n_x , n_y 和 n_z 的分布。计算结果表明 He:KTP 波导的主折射率变化量的百分比 $\Delta n_x/n_x$, $\Delta n_y/n_y$ 和 $\Delta n_z/n_z$ 分别近似为 0.82%, 0.75% 和 1.5%, 同时发现 He:KTP 波导中 n_x , n_y 具有类似 n_z 的

折射率分布,如图 1 所示,对应的波导厚度约为 $8.8 \mu\text{m}$ 。

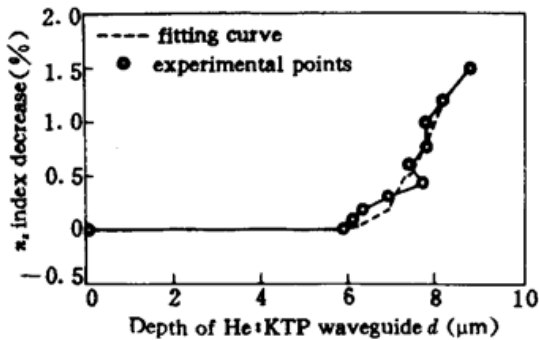


Fig. 1 Refractive index profile n_s of the He:KTP waveguide

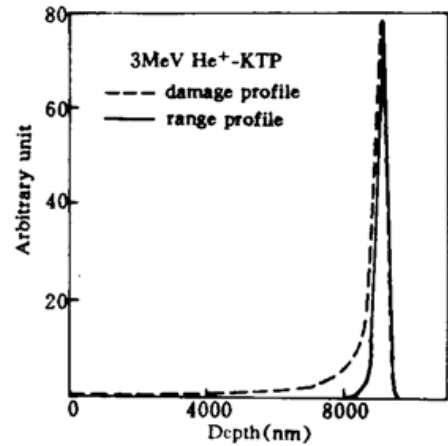


Fig. 2 The damage profile and range profile of He^+ in the He:KTP waveguide

高能 He^+ 离子在晶体中的射程分布和晶体的损伤分布与 He:KTP 波导折射率的分布有密切的关系。我们利用离子在材料中的输运程序(TRIM'92)模拟了 3.0 MeV 的 He^+ 离子在 KTP 晶体中的射程分布和损伤分布,如图 2 所示。图中 He^+ 离子的射程离散约为 $0.2 \mu\text{m}$,平均投影射程近似为 $8.98 \mu\text{m}$,这和 IWKB 法计算的折射率分布结果近似一致。

参 考 文 献

- 1 J. D. Bierlein, H. Vanherzeele. Potassium titanyl phosphate: properties and applications. *J. Opt. Soc. Am. B.*, 1989, **6**(4):622
- 2 J. D. Bierlein, A. Ferretti, L. H. Brixner *et al.*. Fabrication and characterization of optical waveguides in KTiOPO_4 . *Appl. Phys. Lett.*, 1987, **50**(15):1216
- 3 L. Zhang, P. J. Chandler, P. D. Townsend. Frequency doubling in ion-implanted KTiOPO_4 planar waveguides with 25% conversion efficiency. *J. Appl. Phys.*, 1993, **73**(6):2695
- 4 P. J. Chandler, L. Zhang, P. D. Townsend. High temperature annealing of He^+ ion-implanted Quartz optical waveguides. *Nuclear Instruments and Methodes in Physics Research*, 1990, **B46**:69
- 5 卓 壮, 邵宗书, 陈 军 等. 一种精确测量波导参量的方法——M 线光谱法. *人工晶体学报*, 1994, **23**(1):87

Study on the Property and Formation of a KTiOPO_4 Crystal Waveguide Implanted with He^+ Ions

Zhuo Zhuang* Wang Keming** Y. T. Chow*** Shi Borong**

(* Department of Physics, Shandong Normal University, Jinan 250014;

** Department of Physics, Shangdong University, Jinan 25010;

*** Department of Electronic Engineering, City University of Hong Kong)

Abstract A KTiOPO_4 crystal waveguide was fabricated under the conditions of different implanted energies of He^+ ions and a total dose of 2.5×10^{16} ions/cm² at the temperature of liquid nitrogen. The effective refractive index of the guided modes was measured with M line spectra after the He:KTP was annealed. The refractive index profiles of the He:KTP waveguide were calculated and proved to be in agreement with the damage profile and the range profile.

Key words He^+ implantation, KTP waveguides, refractive index profiles, range profiles