

文章编号: 0253-2239(2005)03-431-2

## 铌酸锂晶体紫外激光诱导畴反转实验研究

奚庆新 刘德安 职亚楠 周 煜 刘立人

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

**摘要:** 报道了在铌酸锂晶体中实现紫外激光诱导畴反转的实验。在一定外加均匀电场下, 铌酸锂晶体中通过波长 365 nm 的紫外激光, 由于紫外光的照射降低了矫顽电场只在通光区实现畴反转。研究表明, 该方案可用于周期性极化铌酸锂的制备, 并有望成为制作精细周期性畴结构的有效技术方案。

**关键词:** 光学材料; 铌酸锂晶体; 畴反转; 周期性极化

中图分类号: O743 文献标识码: A

## Experimental Study of Ultraviolet Laser-Induced Domain Reversion in LiNbO<sub>3</sub> Crystals

Xi Qingxin Liu Dean Zhi Yanan Zhou Yu Liu Liren

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

**Abstract:** A method of realizing ultraviolet (UV) laser induced domain reverse in LiNbO<sub>3</sub> crystals is investigated experimentally. With a certain external electric field, a sample of LiNbO<sub>3</sub> crystal is illuminated by a UV laser beam of 365 nm wavelength. For the reason that the coercive field of the crystal is decreased by exposure of UV light, it is only the illuminated region whose domain is reversed. The results prove that this method can be used to realize the fabrication of periodically poled LiNbO<sub>3</sub> crystals, and it will become an effective solution to smaller periods.

**Key words:** optical material; lithium niobate crystals; domain reverse; periodically poled

周期性极化铌酸锂晶体在激光倍频、光参量振荡等非线性光学领域<sup>[1]</sup>以及电光调制布拉格体光栅<sup>[2]</sup>等方面的应用越来越深入而广泛, 其制备技术已成为非线性光学材料和器件的研究热点。目前, 比较成熟的技术方案是采用光刻的办法在铌酸锂晶体上制作周期性电极, 通过外加电场实现周期性畴反转<sup>[3]</sup>。但由于同成分比铌酸锂晶体在室温下具有极高的矫顽电场(约 24 kV/mm), 使得制备和控制铌酸锂晶体的畴结构非常困难, 畴反转周期受到限制, 一般在 3 μm 以上<sup>[4]</sup>。然而随着应用的不断扩展, 对畴反转的周期要求越来越高, 现有的方案很难实现更小的周期畴结构, 于是寻求新的可行的周期性畴反转技术具有重要意义。

近期, 有文献报道在铌酸锂晶体中发现紫外光(波长为 334 nm)具有降低矫顽电场的作用, 可以用

于周期性畴反转<sup>[5,6]</sup>。本文研究了 365 nm 紫外激光对外加均匀电场下同成分比铌酸锂晶体畴反转的影响, 在只有激光照射区域实现了畴反转, 而电极其余区域未出现畴反转。给出了主要的实验步骤和初步的实验结果, 并进行了简要的分析。

实验中采用的样片是同成分比铌酸锂单晶, Z 切后尺寸为 20 mm×18 mm×0.3 mm。为研究外加电场下紫外光对畴反转的作用, 采用石英玻璃制作了透明液体电极(采用自来水作导电液体, 对 365 nm 紫外光吸收较少), 在样品上的电极覆盖区(大小为 8.0 mm×7.6 mm)产生一个均匀电场, 电场方向与单晶的光轴方向反平行。氩离子激光器(波长 365 nm, 功率 170 mW)产生的激光经扩束准直后通过 12.4 mm×2.6 mm 的光阑, 从液体电极区垂直入射到晶体样片上, 如图 1 样品实物图所示

作者简介: 奚庆新(1981~), 男, 中国科学院上海光学精密机械研究所研究生, 主要从事信息光学方面的研究工作。

E-mail: x83891@163.com

收稿日期: 2004-12-23; 收到修改稿日期: 2005-01-11

D 区域。实验过程中,在样品上 C 面上加脉冲电压,脉冲周期 2 s,占空比约 50%,电压增加速度约 10 V/s,电压最高升至 5.0 kV,停留 10 min 左右;期间出现了许多电流峰值,4.8 kV 时 3.0  $\mu$ A、5.0 kV 时有 4.0  $\mu$ A、2.0  $\mu$ A、2.5  $\mu$ A、4.5  $\mu$ A 等很多峰值电流,最后电流维持在 0。之后开始撤出电压,电压下降速度约 30 V/s。

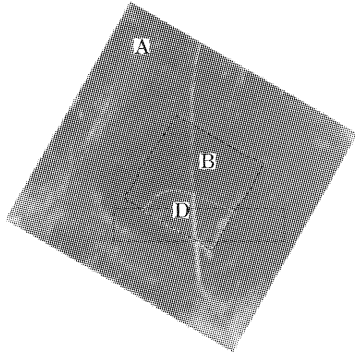


图 1 极化和腐蚀后 +Z 面;A,电极区以外的边缘区,电极区包括 B 和 D,黑色虚线为电极区边界;穿过 D 区的矩形框为紫外光照区(注:从上而下的白线为摔坏的裂纹)

Fig. 1 Image of the +Z surface after poling and etching.

A is the region out of the electrode area; the electrode area includes B and D regions. The black dash line added to the image is the border of the electrode; and the white one is the border of D. The rectangle across D is the area illuminated by UV. (Note: The line across the sample is the broken pattern because of carelessness)

将上述样品放入混合酸[氢氟酸(HF):硝酸( $\text{HNO}_3$ )=1:2,体积比]中腐蚀 12 h,取出后用透射式光学显微镜观察到图 2 的形貌(约放大 120 倍),并且区域 D 相对区域 A、B 略微凹下,而且毛糙。根据铌酸锂晶体畴反转的形成、生长、扩张的机理和前人的实验研究<sup>[7~9]</sup>,可以确定有很多六边形畴结构的紫外激光照射区域 D 发生了畴反转,而其余区域 A、B 没有畴反转。也就是说实现了外加电场下紫外激光诱导铌酸锂晶体畴反转。

仔细比较光照区域与畴反转 D 区域,发现形状和面积没有精确的吻合,畴反转区域稍大于光照区域。根据高温对铌酸锂晶体畴反转的影响关系<sup>[10]</sup>,其原因推测是 365 nm 紫外激光在铌酸锂晶体中不但具有降低矫顽电场的作用,而且由于铌酸锂晶体对紫外激光较强的吸收还产生了较大的热扩散效应。要想实现光照区域边界与畴反转边界精确的吻

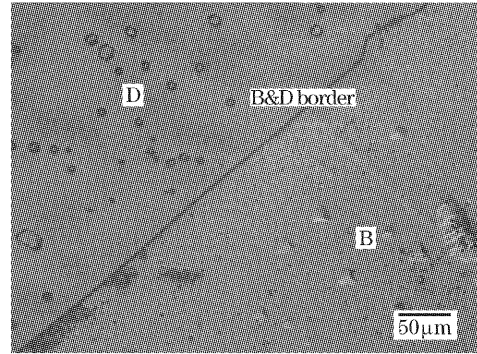


图 2 极化并腐蚀后样品,+Z 面上 B、D 交接区放大 120 倍后微观形貌,B 区有少量金字塔形凸起,而 D 区有一此边形,B 和 D 交接清晰且光洁

Fig. 2 Micro-pattern magnified by 120 of B and D border at +Z surface after poling and etching. There are a few pyramid-like bodies in area B, but some hexagons in area D. The border is very clear and smooth

合,需要进一步研究最佳化的实验条件,如光照的强度和时,畴反转的电压阈值及其保持时间等等。

## 参 考 文 献

- 1 J. A. Armstrong, N. Broembergen, J. Dcuign *et al.*. Interactions between light waves in a nonlinear dielectric[J]. *Phys. Rev.*, 1962, **127**(6): 1918~1939
- 2 Masahiro Yamada. Electrically induced Bragg-diffraction grating composed of periodically inverted domains in lithium niobate crystals and its application devices[J]. *Rev. Sci. Instr.*, 2000, **71**(11): 4010~4016
- 3 M. Yamada, N. Nada, M. Saitoh *et al.*. First-order quasi-phase matched LiNbO<sub>3</sub> waveguide periodically poled by applying an external field for efficient blue second-harmonic generation[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1993, **62**(5): 435~436
- 4 Robert G. Batchko, Vladimis Y. Shur, Martin M. Fjer *et al.*. Backswitch poling in lithium niobate for high-fidelity domain patterning and efficient blue light generation[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1999, **75**(12):1673~1675
- 5 Manfred Müller, Elisabeth Soergel, Karsten Buse. Influence of ultraviolet illumination on the poling characteristics of lithium niobate crystals[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2003, **83**(9): 1824~1826
- 6 M. C. Wengler, B. Fassbender, E. Soergel *et al.*. Impact of ultraviolet light on coercive field, poling dynamics and poling quality of various lithium niobate crystals from different sources [J]. *J. Appl. Phys.*, 2004, **96**(5): 2816~2820
- 7 Manfred Müller, Elisabeth Soergel, Karsten Buse. Visualization of ferroelectric domains with coherent light[J]. *Opt. Lett.*, 2003, **28**(24): 2515~2517
- 8 M. C. Wengler, M. Müller, E. Soergel *et al.*. Poling dynamics of lithium niobate crystals[J]. *Appl. Phys. B*, 2003, **76**: 393~396
- 9 V. Ya. Shur, R. G. Batchko, E. L. Romyantsev. Domain engineering: periodic domain patterning in lithium niobate[C]. *Proc. 11th ISAF*, Piscataway, NJ: IEEE, 1999. 339~406
- 10 Hideki Ishizuki, Ichiro Shoji, Takunori Taira. Periodical poling characteristics of congruent MgO: LiNbO<sub>3</sub> crystals at elevated temperature[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2003, **82**(23): 4062~4064