

LiNbO₃:Fe 中激光损伤所致的微电畴*

吴仲康 王进雄 王华馥 吕永彬

徐玉恒

(天津南开大学物理系)

(哈尔滨工业大学化学系)

Laser-damage-induced microdomains in LiNbO₃:Fe crystals

Wu Zhongkang, Wang Jinxiang, Wang Huafu, Lü Yongbin

(Department of Physics, Nankai University, Tianjin)

Xu Yuheng

(Department of Chemistry, Harbin University of Technology, Harbin)

摘要: 本文观察到了 LiNbO₃:Fe 晶体中由光致损伤所致的一种微电畴。它起始于光伤迹线的正 P_s 边, 其指向与 P_s 相反。用 α -径迹显影法显示了 Li 离子沿负 P_s 方向的迁移。这种微电畴源于光生伏特效应下, Li⁺ 离子穿越氧三角面的沿 P_s 轴的定向迁移及产生 Li-空位-Nb 有序化的局域空间电荷物。

关键词: LiNbO₃:Fe, 微电畴

引言

研究 LiNbO₃ 的兴趣起因于它的电-光、压电、声-光特性^[1]。这些性质是基于它的单畴化结构^[2,3]。如果, Li-Nb-空位有序排列在局部地区被破坏; 晶体中出现了反向畴或空位-Li 序列的混乱, 则会使晶体性能变坏。为此, 人们开展了晶体缺陷对单畴化影响以及加工中产生的反向畴^[4,5]、扩散 Ti 的 LiNbO₃ 光波导器件的反向畴研究^[6]。

我们在[7]中提及观察到与光伤迹线伴生的一种微电畴, 它起始于光伤迹线的正 P_s 边, 而在负 P_s 边没有观察到, 但其机制没有研究。本文应用浸蚀法与静电染色技术^[8]对它进行了显示, 用 α -径迹显影法显示了 Li⁺

离子沿负 P_s 方向的定向迁移^[9]。并对其机制作了分析。

本文使用沿<0001>方向提拉法生长的 LiNbO₃:Fe 晶体。试样经单畴化与还原处理; 铁含量为 0.08~mol %, 通光截面为 x, y 面, 长度为 0.7、3mm, 实验装置及光照功率与文献[7]相同。

实验结果与讨论

1. y 面光伤的微电畴

试样在正交偏光镜下观察的结果与静电染色显示以及用浸蚀法所得结果一致。图 1 是试样经浸蚀后的照片。由图 1(a) 可见正

收稿日期: 1988 年 1 月 4 日。

* 中国自然科学基金资助课题, 南京大学固体微结构实验室资助课题

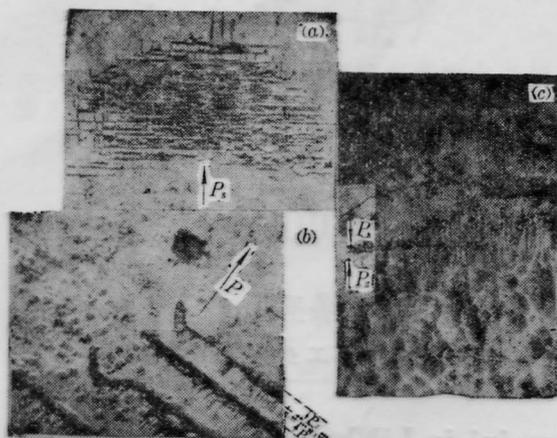


图 1

1(a) 浸蚀后正极性 y 面上的光伤全貌。光伤迹线与微畴出现在光斑边缘的正 P_s 端, 光斑中心没有, 沿 P_s 方向最强 ($400\times$)、(Ar^+); (b) 是图 (a) 的局部放大, 表示反向负极性针畴起于光伤迹线。针畴浸蚀后为小沟(暗道), 粗黑道为侵蚀沟, 它是负极性片畴(斜纹图)。针畴起于 P_s 的正端 ($1600\times$)、(Ar^+); (c) 负极性 y 面上的光伤, 表示该面上出现了板块状正极性畴。针畴起于裂纹的两岸的正 P_s 边

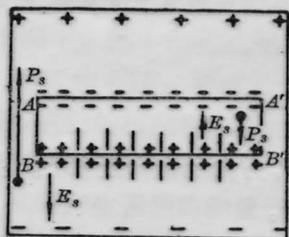


图 2 表示针畴起于裂纹两岸的正 P_s 端, 而其负端没有

AA' , BB' 为裂纹, $AA'B'B$ 为反向片畴, 其极性如图示。 BB' 裂纹两岸的小道为针畴, E_s 表示空间电荷场。

极性 y 面上的光伤全貌, 仅出现在光斑区边缘的正 P_s 端, 光斑中心处没有。光伤迹线为 (01·2) 面与 y 面的交线以及平行于 P_s 方向的沟道组成。图 1(b) 是图 1(a) 的局部放大。由图 1(b) 可见针畴起始于光伤迹线三角形的每一边界, 黑色沟道处的针畴既长又大, 它们平行于 P_s 方向指向负 P_s 端与 P_s 方向相反。

由图 1(c) 可见; 负极性 y 面上的光伤区

出现了二种针畴: 一种为负极性针畴, 经浸蚀后为小沟暗道; 它们在光伤所致的正极性板块畴上与裂纹边近正交; 另一种为正极性针畴, 经浸蚀后为凸起亮道, 它们在负极性 y 面上与裂纹另一边成正交。图 1(c) 的顶部还可见一组正极性针畴, 它处于另一裂纹的一边且与其正交; 其指向与 P_s 方向相反。

正极性 y 面裂纹边上出现的负极性针畴(图 1(b)) 以及光伤 y 片晶体内裂纹上的针畴均起于裂纹的正 P_s 端而其负 P_s 端没有, 其指向与 P_s 相反。

鉴于光照区有着显著的局域空间电荷场, 它可达 $10^5 \nabla/\text{cm}$ 并能导致准击穿产生光伤迹线^[7]。由此, 可认为针畴起于光伤迹线的正 P_s 边的原因是由于如图 2 所示的局域空间电荷场 E_s 的作用。

2. 空间电荷缀饰宏观缺陷效应

光伤的 X 片试样置于正交偏光镜下, 可观察到光伤迹线与针畴出现在光斑边缘的正 P_s 端, 光斑中心区没有。图 3(a) 表明; 针状畴起于光伤迹线与由抛光所致的划痕, 与 P_s 方向反平行。试样经静电染色显示的结果见图 3(b), 光伤迹线、划痕和针畴见图 3(a)。

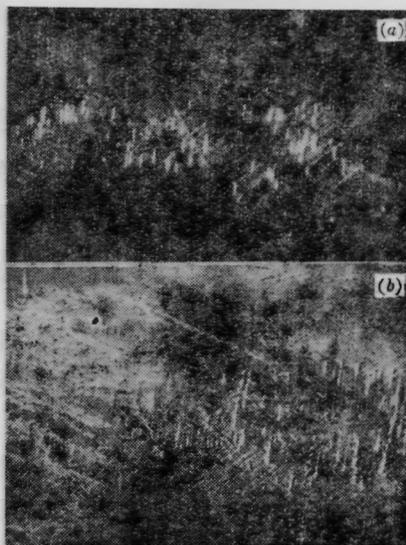


图 3

(a) 光伤 X 片试样 ($1500\times$); (b) 光伤 X 片试样经静电染色显示, 与图 3(a) 对照 ($1000\times$)

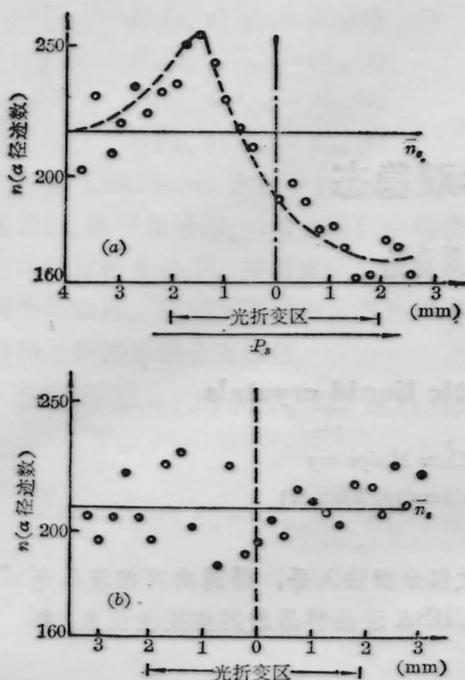


图 4

(a) α -径迹沿晶体 C 轴向的统计分布; (b) α -径迹沿晶体 y 轴向的统计分布 \bar{n}_s 表示在光折变区域外 α -径迹的统计平均值

应指出, X 片上所出现的这种针畴, 在文献上尚未见报道。它们经 200°C 的热清除或光擦除后, 在正交偏光镜下的可见度就消失; 光伤迹线与划痕的可见度也有明显的减小, 是一种明显的空间电荷缀饰宏观缺陷效应。一般说, 反向 180° 电畴在正交偏光镜下是不可见

的。由于微畴区富集着空间电荷, 所以, 该区的双折射率通过电光效应就会发生变化, 由此导致了可见度的产生。

3. 光照区用 α -径迹显影法显示 Li 离子迁移的结果

图 4(a) 和 (b) 即为实验测得的 α 径迹沿晶体 P_s 轴向和 y 轴向的密度分布图^[9]。

由图 4(b) 可见, 光伤区及其附近, y 轴向上的分布是均匀的。由图 4(a) 可知, 负 P_s 轴方向上 Li 离子的密度高于统计平均值, 正 P_s 轴方向上 Li 离子密度又低于统计平均值。它表明, 光伤区的光激载流子; 电子与 Li 离子在光生伏特效应下有了定向迁移; Li 离子沿负 P_s 方向迁移。

参 考 文 献

- 1 A. Rauber, in Current Topics In Materials Science, Edited by E. Kaldis (North-Holland, Amsterdam, 1978)1, chap 7
- 2 S. C. Abrahams *et al.*, *J. Phys. Chem. Solids*, **27**, 997 (1966)
- 3 K. Nassau *et al.* *J. Phys. Chem. Solids*, **27**, 898 (1966)
- 4 徐润源 *et al.*, 新型无机材料, **4**, 17 (1979)
- 5 Norio Ohnishi *et al.* *J. Appl. Phys.* **46**, 1043 (1975)
- 6 S. Miyazawa, *Appl. Phys. Lett.*, **48**, 1104 (1986)
- 7 吴仲康 *et al.*, 物理学报 **36**, 24 (1987)
- 8 唐燕生 *et al.* 物理, **12**, 738 (1983)
- 9 曹明中 *et al.*, 核技术, **4**, 55 (1985)

我国第一台大功率倍频激光器打靶成功

为开展短波长激光束与物质相互作用的实验研究, 我们于 1989 年 8 月 29 日在 LF-11* 激光装置上现了二倍频激光打靶。

将 LF-11* 激光装置输出的 $1.06\mu\text{m}$ 、线偏振、 $\phi 64\text{mm}$ 准直强激光束入射到 $\phi 70\text{mm}$ KDP 晶体上, 采用微机控制的匹配角优化系统自动调整晶体的方位使相位匹配, 采用温度自动调控装置保持晶体的温度恒定(温度变化 $\leq 0.2^\circ\text{C}$)。用电视监控的调焦、定位系统对微靶实行自动调节, 用条纹相机、能量卡计、近场相机、远场列阵相机监测基频泵浦光和输出

倍频光的脉宽、功率密度、光束质量等参数。

目前达到的典型指标是: 当基频光功率密度为 $0.8\text{GW}/\text{cm}^2$ (能量 14.3J , 脉宽 580ps) 时, 二倍频能量外部转换效率 $\geq 62\%$, 穿过 $\phi 100\mu\text{m}$ 孔靶的能量透过率 $\geq 93.6\%$ 。

这台大功率倍频激光器已开始用于惯性约束聚变实验研究。

(西南核物理与化学研究所 魏晓峰

张小民 叶金祥等 1989 年 9 月 27 日收稿)