

光色效应双掺杂(Fe, Mn)·LiNbO₃ 的 光折变全息存储*

刘友文 刘立人 周常河

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

徐良瑛

(中国科学院上海硅酸盐研究所, 上海 200050)

摘 要 采用双掺杂(Fe, Mn)·LiNbO₃ 晶体实现了光色效应光折变全息, 实验上着重研究了不同氧化/还原状态晶体全息存储性能, 结果表明, 只有晶体具有较高的氧化程度才能实现全息的长期存储, 与理论分析一致。

关键词 双掺杂(Fe, Mn)·LiNbO₃ 晶体, 全息存储, 氧化还原状态。

1 引 言

光折变全息是海量信息光存储的主要发展方向, 掺铁铌酸锂晶体是重要的材料之一, 具有高储存密度和可擦除重写等明显优点。但用掺铁铌酸锂晶体进行实用化全息存储仍存在一个基本问题, 即在读取的过程, 读出光会抹除所存储的信息, 而使信息不能长期存储。近来, Buse 等人^[1]提出了一种较理想的解决方法, 开拓了新的全息存储实用化的技术途径。它的基本思想是在 LiNbO₃ 晶体中掺入两种不同的深能级杂质铁和锰, 利用晶体的光色效应, 用非相干的均匀紫外光照射晶体使电子通过导带从锰离子转移到铁离子中去, 以增加晶体对红光的吸收, 提高记录的灵敏度, 在用调制的红光记录的同时, 用均匀紫外光同时照射晶体, 使调制光的信息同时存储在铁离子和锰离子中去, 然后用红光读出时逐渐抹除铁离子光栅, 固定出一部分对红光不敏感的锰离子光栅, 从而实现了信息的长期存储。这种同时紫外激发和红光记录的方法, 较原来的光色效应光折变全息^[2], 大大提高了衍射效率和减小了散射。事实上, 全息记录的灵敏度、衍射效率和固定效率等与掺杂浓度、浓度比和氧化/还原状态密切相关, Buse 的论文没有涉及这些基本问题。本文实现了双掺杂(Fe, Mn)·LiNbO₃ 晶体的全息存储, 特别用不同氧化/还原状态的双掺杂(Fe, Mn)·LiNbO₃ 晶体进行实验比较, 结果表明, 只有晶体具有较高的氧化程度才能实现全息的长期存储。

* 国家自然科学基金(项目号 69837020)、中国科学院和上海应用物理中心资助项目。

收稿日期: 1999-07-05; 收到修改稿日期: 1999-08-12

2 实 验

实验中使用了 20 mW 的偏振氩氦激光, 用 1/2 波片控制入射光为 o 光和 e 光, 经分光棱镜分束和平面镜反射对称地入射到晶体上, 光栅的波矢平行于晶体的光轴。100 W 的球形超高压汞灯, 用透紫外的滤光片滤光后经会聚透镜聚焦作为非偏振的紫外光光源。Czochralski 法生长的掺杂 Fe_2O_3 (质量分数为 1.5×10^{-3}) 和 MnO (质量分数为 10^{-4}) 的 LiNbO_3 单晶, 分别在两种不同的环境下退火处理, 成为氧化晶体和还原晶体。晶体加工成大小为 $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 、光轴平行于长的棱边的长方体。首先用紫外光对要记录的部分进行 1 小时的预照明, 然后用调制的红光和均匀紫外光同时照射晶体进行全息记录, 待记录稳定后, 关闭紫外光, 用其中的一束红光进行读出固定。用每隔一定的时间遮挡其中一束光的方法测量光栅的衍射效率。

3 结果和讨论

图 1 为氧化晶体用 e 光记录和读出固定过程中, 光栅的衍射效率随时间的变化曲线。对于氧化的 $(\text{Fe}, \text{Mn}) \cdot \text{LiNbO}_3$ 晶体, 它的响应速度较慢, 但经过较长一段时间读出固定, 它的衍射效率逐渐趋近于一个稳态值, 即能使存储的信息长期保存。图 2 为还原晶体用 o 光记录和读出固定过程中, 光栅衍射效率随时间的变化曲线。对于还原的 $(\text{Fe}, \text{Mn}) \cdot \text{LiNbO}_3$ 晶体, 它的响应速度较快, 但经过一段时间读出固定, 它的衍射效率逐渐趋近于零, 也就是说, 用还原晶体不能实现全息的长期存储。用 o 光记录主要是减少还原晶体产生的动态散射效应。

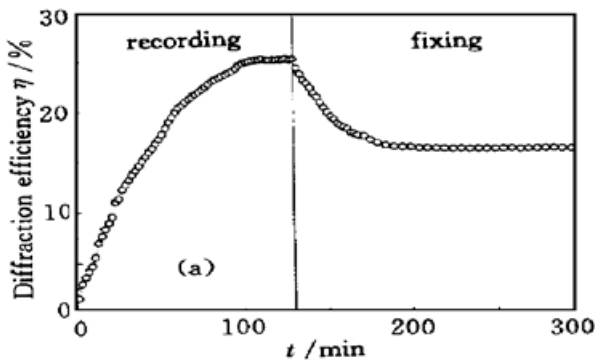


Fig. 1 Variation of the diffraction efficiency η with time for higher oxidation crystal

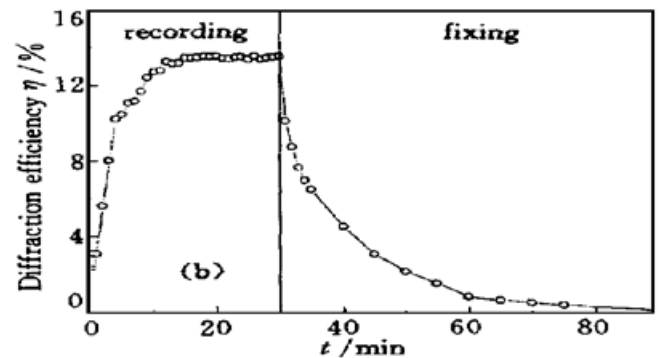


Fig. 2 Variation of the diffraction efficiency η with time for higher reduction crystal

实验的结果表明只有晶体达到一定的高氧化程度, 双掺杂 $(\text{Fe}, \text{Mn}) \cdot \text{LiNbO}_3$ 晶体才能实现全息的长期存储, 而且只与两杂质的总的氧化还原状态有关, 与各自的氧化还原状态无关, 与我们的理论预言相一致。详细的理论分析和进一步的实验结果另文报道。

参 考 文 献

- [1] Buse K, Adibi A, Psaltis D. Non-volatile holographic storage in doubly doped lithium niobate crystals. *Nature*, 1998, **393**(7): 665~ 668
- [2] Staebler D L, Phillips W. Hologram storage in photochromic LiNbO_3 . *Appl. Phys. Lett.*, 1974, **24**(6): 268~ 270