

文章编号: 0258-7025(2006)12-1655-06

双掺杂 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体的全息读出特性

柴志方, 刘德安, 栾 竹, 职亚楠, 刘立人

(中国科学院上海光学精密机械研究所信息光学实验室, 上海 201800)

摘要 为了解决读出过程中全息数据的擦除问题, 研究了新型双掺杂 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体的全息读出特性。分析了双中心和单中心记录方案光栅的读出特性, 并联合双中心物质方程和耦合波方程进行了模拟计算。结果表明, 双中心记录所得到的饱和全息读出时间常数远低于 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$ 晶体的读出时间常数; 单色光记录可以实现有效的全息, 且其读出时间常数远大于记录时间常数, 表现为准态非挥发读出。分析表明, 这可能由于 Ru 的能级比 Mn 更靠近 Fe, 更易被红光激发, 从而使得双中心记录所得饱和光栅的存贮持久性降低; 单色光记录中红光能够同时充当记录光和抽运光, 记录过程中红光能够在 Fe 上记录光栅并将其转移到 Ru 上, 而在读出过程中则由于 Ru 能级较深, 擦除缓慢。

关键词 全息; $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体; 持久性; 准态非挥发

中图分类号 O 438.1 **文献标识码** A

Characteristics of Hologram Readout in $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ Crystal

CHAI Zhi-fang, LIU De-an, LUAN Zhu, ZHI Ya-nan, LIU Li-ren

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

Abstract The readout characteristics for the hologram recorded in the novel $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ crystal have been investigated in order to resolve the problem of hologram data erasure during readout. Grating readout characteristics for two-center and single-center recording are analyzed, and the simulating calculation is performed through jointly solving the two-center material equations and coupled-wave equations. The results show that the readout time constant for a saturated grating recorded by two-center method is much shorter than that in $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$; an efficient hologram can be realized with one-color recording, the readout time constant is much larger than the recording time constant, and the quasi-nonvolatile readout can be observed. The analysis shows that Ru perhaps is much easier to be excited than Mn by red light, so the grating persistence would decrease; red light can act as recording light and sensitizing light in one-color scheme, and the grating recorded in Fe can be transferred to Ru, which is weakly sensitizing to red light.

Key words holography; $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ crystal; persistence; quasi-nonvolatility

1 引 言

1998 年, K. Buse 等^[1]提出采用双掺杂铌酸锂 ($\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$) 晶体进行双中心记录的方法有效地解决了读出过程中全息数据的擦除问题。这种方法可以实现实用化的微小三维光学系统, 引起了研

究者广泛的兴趣^[2,3]。但是, 双中心记录的缺点是记录灵敏度低, 例如, $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$ 晶体以红光为记录光时典型的记录灵敏度仅仅为 $0.0033 \text{ cm}/\text{J}$ ^[4,5], 远低于相同记录条件下的 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ 晶体的记录灵敏度 ($0.01 \sim 0.1 \text{ cm}/\text{J}$)。近来, 基于各种杂质的相对能级关系和非挥发全息

收稿日期: 2006-04-29; 收到修改稿日期: 2006-06-21

基金项目: 科技部重大基础研究前期研究专项(2002CCA03500)及国家自然科学基金(60177016)资助项目。

作者简介: 柴志方(1977—), 男, 河北人, 中国科学院上海光学精密机械研究所博士研究生, 主要从事光折变光学方面的研究。E-mail: hbuchai@yahoo.com.cn

导师简介: 刘立人(1942—), 男, 上海人, 中国科学院上海光学精密机械研究所研究员, 博士生导师, 目前研究方向为光折变光学、晶体光学和星际激光通信。E-mail: lirenliu@mail.shenc.ac.cn

记录的物理思想,研究人员提出了多种不同的双掺杂方案以提高双中心方案的记录性能^[6~8],在这一方面,我们也展开了一系列的工作^[9~12]。2005年,日本 R. Fujimura 等^[13]提出了以杂质元素 Ru 代替 Mn 作为双掺杂晶体深中心的思想,在以 633 nm 的 e 光为记录光时,双中心方案记录灵敏度可以达到 0.12 cm/J。但是该组并没有报道对 LiNbO₃:Fe:Ru 晶体全息读出性能的研究结果。为此本文对 LiNbO₃:Fe:Ru 晶体的单色光记录方案和双中心记录方案下全息光栅的读出性能进行了实验研究及理论分析。

2 实验及结果

2.1 实验装置

实验所用的 LiNbO₃:Fe:Ru 晶体和 LiNbO₃:Fe 晶体均是采用恰克拉斯基法在大气环境下生长的,其中 LiNbO₃:Fe:Ru 晶体掺入杂质组分是质量分数为 0.18% 的 RuO₂ ($3.9 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$) 以及质量分数为 0.15% 的 Fe₂O₃ ($5.2 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$), LiNbO₃:Fe 晶体则掺入质量分数为 0.15% 的 Fe₂O₃ ($5.2 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$)。本文研究所用的晶体均人工极化为单畴晶体,并在大气中做退火处理,且被切割抛光成大小为 12 mm × 10 mm × 2 mm,光轴平行于长的棱边。

LiNbO₃:Fe:Ru 晶体双中心记录方案及单色光记录方案所采用的实验装置如图 1 所示,氩氖激光器发出的光由分束器分为强度相等的两束(每一束的光强都为 2500 W/m²),分别经平面镜 M₂ 和 M₃ 反射后对称入射到晶体上,入射光的夹角为 35°,使得

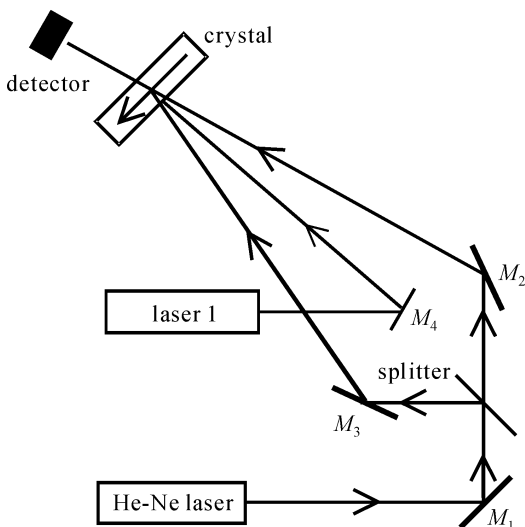


图1 实验装置

Fig. 1 Experimental setup

记录光栅的波矢平行于晶体的光轴。在双中心记录方案中,激光器 1 为氩离子激光器,发出的 488 nm 蓝光被用作敏化光均匀照射在样品中记录全息的部位,其传播方向平行于样品表面的法线。在读出过程中,激光器 1 则为 He-Ne 激光器,发出的 633 nm 红光用作偏离布拉格角入射的读出光。

2.2 双中心记录方案光栅的读出特性

持久性是全息记录过程中一个重要的系统参数^[14],一般可以用读出过程中的读出时间常数来表征。对于双中心记录方案则存在两种读出时间常数,一种发生在多重全息存贮的过程中,当记录完一个全息而再继续记录下一个全息时,将由于记录光和敏化光同时存在造成对前次存贮全息的擦除;另一种是在再现过程中得到的,由于再现过程中敏化光被关闭,因而此时光栅的擦除仅仅是由读出光造成的。其中,前者对于多重存贮系统较为有用;而后者则适用于再现一个存贮全息的情形。本节对持久性的测量仅仅限于后者的情形。

当再现一个全息时,再现光会以偏离布拉格角的情形擦除其他存贮的光栅。因而在实验研究中,e 偏振且偏离布拉格角入射的 633 nm 红光(光强为 2500 W/m²)被用来读出由双中心记录方案的一个饱和全息。同时,一束弱红光以布拉格角入射到该光栅上以监测其衍射效率的演化。为了避免探测光在测量衍射效率的过程中形成伪光栅,在每次测量衍射效率的间隙,总是关闭探测光。

用偏离布拉格角入射的红光读出双中心记录的饱和光栅,其结果如图 2 所示,其中黑点代表实验过程中测量得到的实验数据。结果表明经过尽可能长时间的读出,红光可以擦除 Ru 上的电子光栅。虚线则是根据双指数公式进行拟合的结果^[15]

$$\sqrt{\eta} = A \exp(-t/\tau_{e1}) + B \exp(-t/\tau_{e2}),$$

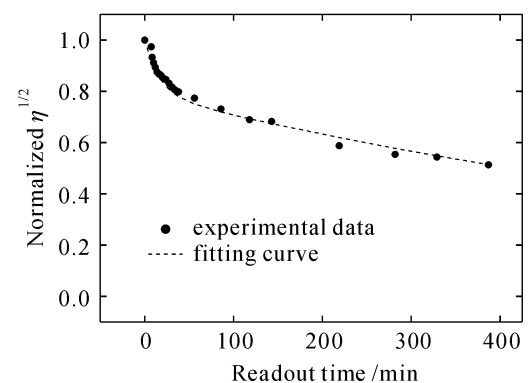


图 2 LiNbO₃:Fe:Ru 晶体双中心记录全息的持久性

Fig. 2 Investigation of hologram persistence for two-center recording in LiNbO₃:Fe:Ru crystal

式中 η 为衍射效率, τ_{e1} 为红光对浅中心上光栅的读出时间常数, τ_{e2} 为红光对深中心上光栅的读出时间常数。曲线拟合的结果表明, τ_{e1} 为 25 min, τ_{e2} 为 900 min。在文献[1]中 K. Buse 等曾经报道 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$ 晶体的饱和光栅在 3000 W/m^2 的红光读出时其读出时间常数大于两周。因而使用 Ru 代替 Mn 作为深中心掺杂时, 实际上损失了存贮持久性。

2.3 单中心记录方案光栅的读出特性

K. Buse 等^[1] 对经过预敏化处理的氧化态 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$ 晶体进行了单色光记录, 发现在记录过程中衍射效率会迅速增大到一个极大值, 之后则不断下降, 且最终趋于 0, 即在单色光记录方案下 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$ 晶体不可能实现有效的光存贮。本课题组的 Liu Youwen 等^[16] 对此进行了理论研究, 发现在此过程中导带内的电子会不断地被深中心所俘获而不能进一步被重新激发回导带。由于在记录开始的时候, 铁中心上的离子空间分布均匀, 光激发的电子在被深中心俘获前会沿同样的方向经过几乎相同的距离, 因而最终深能级上的电子空间分布均匀, 空间电荷场趋近于 0。

在实验中发现, 不同于上述 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$ 晶体单色光记录的情形, 未经预敏化处理的 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体在以单色光方案记录全息时可以达到 30% 的饱和衍射效率, 如图 3(a) 所示。而在之后的

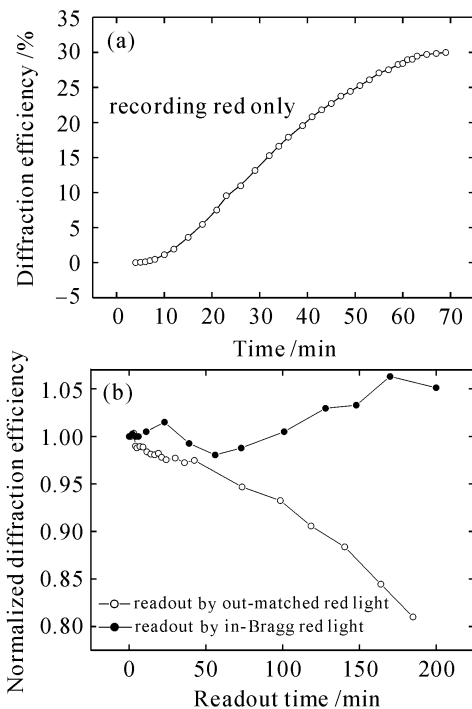


图 3 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体单色光记录(a)和读出(b)时衍射效率随时间的演化

Fig. 3 Time evolution of diffraction efficiency in recording (a) and readout (b) process in $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ crystal

单红光读出过程中, 全息衍射效率呈现准态非挥发的性质, 即在 200 多分钟的读出过程中, 没有观察到衍射效率的下降, 结果如图 3(b) 所示。而采用 e 偏振偏离布拉格角入射的红光 (2500 W/m^2) 读出时, 在 200 多分钟的读出过程中, 衍射效率仅仅下降了 20%, 这个结果同样在图 3(b) 中给出。对记录和读出过程进行曲线拟合的结果表明, 单色光方案中记录时间常数和读出时间常数分别约为 22 min 和 890 min, 两者相差近 40 倍, 表现为记录和读出的不对称性。而在相同实验条件下在 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ 晶体中记录和读出光栅, 其读出时间常数为记录时间常数的 4 倍, 如图 4 所示。可见即使考虑到读出光的光强是记录光强的一半这一影响因素, $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体的这种记录和读出的不对称性也是很明显的^[17]。

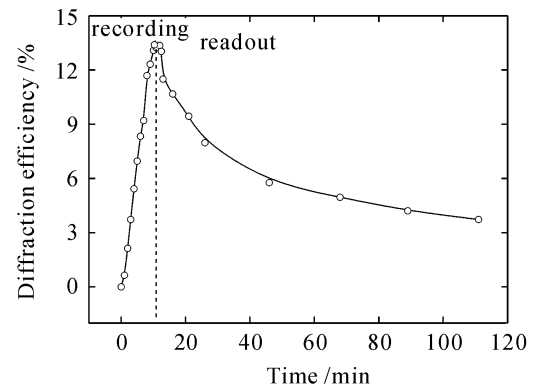


图 4 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ 晶体红光记录和偏离布拉格角读出时衍射效率的时间演化

Fig. 4 Time evolution of diffraction efficiency in recording and out-Bragg angle readout process in $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ crystal

3 分析和讨论

3.1 理论分析

在图 2 中, 红光能够明显擦除 Ru 上的光栅, 因而红光可以激发 Ru 上的电子。而事实上, 在测量 $\text{LiNbO}_3:\text{Ru}$ 晶体的吸收谱时, 发现 Ru 的吸收带介于 $350\sim 580 \text{ nm}$ 之间, 明显比已报道的 $\text{LiNbO}_3:\text{Mn}$ 的吸收带向长波方向移动^[18], 因而 Ru 比 Mn 更靠近 Fe 中心, 所以红光更易于激发 Ru 上的电子。这正是 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体双中心记录光栅持久性降低的主要原因, 这也是单色光记录方案下出现记录和读出高度不对称的原因。在单色光记录方案中, 在记录阶段调制红光会同时激发 Ru 中心和 Fe 中心上的电子到导带, 其中从 Fe 上激发电子到导带是主要的过程, 这些电子在导带中会在扩散、漂移

以及在光生伏特效应的作用下作定向移动。由于 Ru 比 Fe 具有更大的复合系数,电子将主要被 Ru 所俘获,因而记录结束时电子光栅将建立在 Ru 中心上。而在擦除过程中,由于 Ru 的能级比 Fe 深,因而 Ru 上的电子激发得极为缓慢。正是由于 Fe 和 Ru 中心所具有的不同激发系数,使得光栅的记录和读出时间常数表现为不对称性,呈现为准态非挥发读出^[17]。同时,以布拉格角入射的红光读出光栅时会存在透射光和衍射光之间的耦合,并在晶体内继续记录光栅,所以就可能减慢光栅的擦除过程,使得读出过程更加呈现非挥发的性质。这个过程可以用图 5 所示的 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体的能带图表示出来,并采取双中心物质方程和耦合波方程联立求解的方法计算模拟,进行验证^[19]。

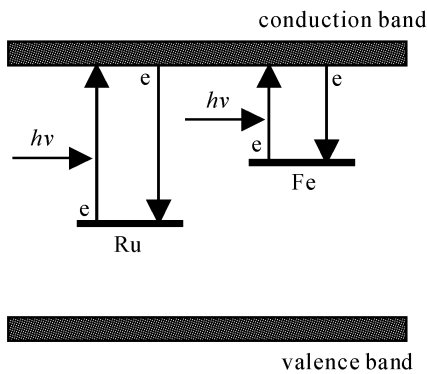


图 5 双掺杂 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体的能带运输模型图
Fig. 5 Energy band diagram in doubly-doped $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ crystal

3.2 理论计算

在计算过程中,把 2 mm 厚的晶体沿 z 方向(晶体内记录光传输方向)均分为 50 层,近似认为在同一薄层内敏化光光强和记录光光强保持不变。在计算过程中,先由物质方程组求解得出在一定时刻特定薄层内的空间电荷场、折射率光栅、空间电荷场的相位;然后将这些值与入射光场联立,求解双光束耦合波方程,以获得经过该薄层后的光场分布;最后再以此为初值求解下一个薄层内的物质方程和耦合波方程,依次重复直到最后一个薄层,从而就可以得到特定时刻晶体内的折射率光栅分布。计算过程中 Fe 和 Ru 的掺杂浓度分别为 $5.2 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ 和 $3.9 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$,最初的总电子数为 $5.46 \times 10^{24} \text{ m}^{-3}$,其中 1% 在浅能级上,红光总光强为 5000 W/m^2 。其他参量的取值分别为 $\epsilon = 28, \mu = 7.4 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{V} \cdot \text{s}, \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ A} \cdot \text{s}/\text{V} \cdot \text{m}, e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, T = 293 \text{ K}, K_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}, \gamma_{13} = 1.09 \times 10^{-11} \text{ m/V}, \alpha = 180,$

$\gamma_{\text{Ru}} = 3 \times 10^{-14} \text{ m}^3/\text{s}, \gamma_{\text{Fe}} = 1.65 \times 10^{-14} \text{ m}^3/\text{s}, S_{\text{Ru,Red}} = 3.3 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{J}, S_{\text{Fe,Red}} = 3.3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{J}, \kappa_{\text{Ru,Red}} = 0, \kappa_{\text{Fe,Red}} = -7 \times 10^{-34} \text{ m}^3/\text{V}, n_0 = 2.5048$ 。其中 Ru 的参数是参考 Mn 的参数及我们的实验结果估计的。

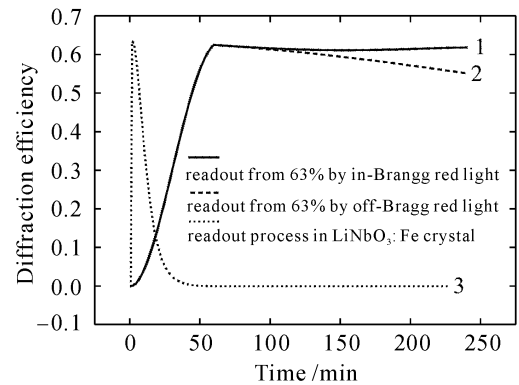


图 6 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体和 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ 晶体单色光记录 and 读出时衍射效率的时间演化

Fig. 6 Time evolution of diffraction efficiency in recording and readout process in $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ and $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ crystals

在理论计算过程中,我们在衍射效率达到第一个峰值时开始读出。理论计算结果如图 6 所示,上节的分析可以再现在实验中所观察到的准态非挥发读出现象。其中,曲线 1 为光栅记录到饱和后采用布拉格红光读出的情形,曲线 2 则代表光栅记录到饱和后采用偏离布拉格角红光读出的情形,与图 3 所示的结果趋势相似。

同时我们又计算了掺杂浓度为 $5.2 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ 的 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ 晶体红光记录和偏离布拉格角读出时衍射效率随时间的演化,计算时假设最初的电子数同样为 $5.46 \times 10^{24} \text{ m}^{-3}$,其他的参数也均与以上计算过程中的参数相同。计算结果如图 6 中的曲线 3,也可以模拟图 4 中的结果。

为了进一步分析准态非挥发读出形成的基本原因,图 7 中则给出了 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体内红光记录和以偏离布拉格角读出时空间电荷场随时间的演化。由于晶体对红光的吸收,空间电荷场沿晶体厚度的方向是变化的,因而图 7 中仅仅给出了晶体靠近记录光入射端的第一层内空间电荷场随时间的变化。发现在记录的最初阶段,由于深中心 Ru 上处于光照亮区的电子被激发到导带,而其中一部分会被浅能级 Fe 所俘获,因而记录最初时刻深浅能级上空间电荷场的相位是相反的,总的空间电荷场是两个中心上空间电荷场的差;此后随着 Fe 和 Ru 上

电子不断被激发和俘获,其中主要过程是 Fe 上电子被激发和 Ru 俘获电子,最后两个能级上的空间电荷场逐渐过渡到同相位,而浅能级 Fe 上的空间电荷场则由于最终电子又被转移回深能级 Ru 上而下降到很低的水平(10^4 量级),约是深中心空间电荷场的 1/100,所以最后电子光栅主要形成在深能级上。这里需要说明的是,由于是强光栅记录的情形,因而空间电荷场和衍射效率表现出不同步性^[20],所以尽管在图 6 中观察到衍射效率达到了峰值,然而其对应的空间电荷场却没有达到饱和,因而在图 7 中空间电荷场的记录结束和开始读出之间的界限非常分明。

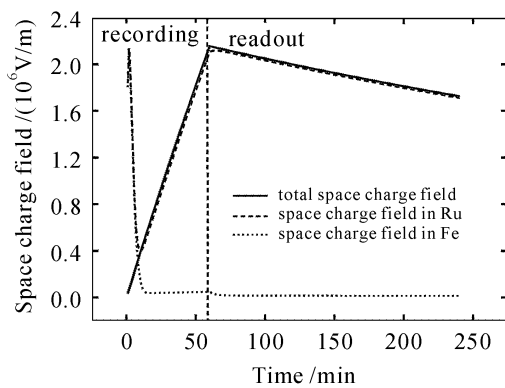


图 7 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体中空间电荷场随时间的演化

Fig. 7 Time evolution of space charge field in $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ crystal

可见,在记录过程中红光在 Fe 中心记录下了光栅,而在读出过程中红光则要擦除深中心 Ru 上的光栅。而由于 Ru 的能级比 Fe 的能级深,红光对 Ru 上电子的激发要远远小于对 Fe 上电子的激发,所以 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体光栅读出的速度要小于记录的速度,表现为记录和读出的非对称性。

4 结 论

研究了新型双掺杂 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体在双中心记录和单中心记录方案中的全息读出特性,得出了 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体采用双中心记录方案所获得的光栅持久性低于 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$ 晶体;单色光记录方案可以在 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体中实现一个有效的全息,其读出时间常数远大于记录时间常数,表现了准态非挥发特性,从实用性的角度来讲,准态非挥发使得全息记录和读出变得更加方便和简单。

本文的研究有助于提高对 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶

体记录和读出性能的认识,为进一步优化双中心记录材料、发展准非挥发全息记录材料提供可靠的实验数据和理论基础。下一步将对 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体中 Ru 的掺杂浓度对双中心记录的影响,以及氧化-还原处理对准非挥发的影响进行实验和理论研究,以提高 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ru}$ 晶体的实用性。

参 考 文 献

- 1 K. Buse, A. Adibi, D. Psaltis. Non-volatile holographic storage in doubly doped lithium niobate crystals [J]. *Nature*, 1998, **393**(18):665~668
- 2 De'an Liu, Liren Liu, Liyong Ren *et al.*. Material optimization for low scattering noise during nonvolatile holographic recording in doubly doped LiNbO_3 crystals [J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2004, **2**(11):630~633
- 3 Myeongkyu Lee, Shunji Takekava, Yasunori Furukawa *et al.*. Nonvolatile and quasi-nonvolatile holographic recording in near-stoichiometric lithium niobate doubly-doped with Tb and Fe [C]. *SPIE*, 2001, **4296**:237~243
- 4 Ali Adibi, K. Buse, D. Psaltis. Sensitivity improvement in two-center holographic recording [J]. *Opt. Lett.*, 2000, **25**(8):539~541
- 5 Yunping Yang, A. Adibi, D. Psaltis. Comparison of transmission and the 90-degree holographic recording geometry [J]. *Appl. Opt.*, 2003, **42**(17):3418~3427
- 6 Youwen Liu, Liren Liu, Changhe Zhou. Nonvolatile photorefractive holograms in $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}:\text{Ce}$ crystals [J]. *Opt. Lett.*, 2000, **25**(12):908~910
- 7 De'an Liu, Liren Liu, Changhe Zhou *et al.*. Nonvolatile holograms in $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Cu}$ by use of the bleaching effect [J]. *Appl. Opt.*, 2002, **41**(32):6809~6814
- 8 Xuefeng Yue, A. Adibi, T. Hudson *et al.*. Role of cerium in lithium niobate for holographic recording [J]. *J. Appl. Phys.*, 2000, **87**(9):4051~4055
- 9 Dai Cuixia, Liu Liren, Liu De'an *et al.*. Improvement of sensitivity and refractive-index changes in holographic recording in doubly doped LiNbO_3 with UV light [J]. *Acta Optica Sinica*, 2005, **25**(12):1600~1605
戴翠霞,刘立人,刘德安等.采用紫外光提高双掺杂铌酸锂晶体中全息记录的灵敏度和光栅强度[J]. *光学学报*, 2005, **25**(12):1600~1605
- 10 Chai Zhifang, Liu De'an, Dai Cuixia *et al.*. Study of UV recording in congruent $\text{Ce}:\text{Mn}:\text{LiNbO}_3$ [J]. *Chinese J. Lasers*, 2005, **32**(8):1132~1136
柴志方,刘德安,戴翠霞等. $\text{Ce}:\text{Mn}:\text{LiNbO}_3$ 晶体紫外记录研究[J]. *中国激光*, 2005, **32**(8):1132~1136
- 11 Wang Xin, Yan Aimin, Liu De'an *et al.*. Formation and diffraction characteristics of local volume photorefractive holographic gratings in two doped $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$ crystals [J]. *Chinese J. Lasers*, 2006, **33**(3):361~365
王欣,闫爱民,刘德安等.双掺杂 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$ 晶体局域光折变体全息光栅形成及衍射特性[J]. *中国激光*, 2006, **33**(3):361~365
- 12 Guo Yuanjun, Liu Liren, Liu De'an *et al.*. Study of nonvolatile holographic storage properties in doubly-doped $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ni}$ crystals [J]. *Chinese J. Lasers*, 2005, **32**(9):1243~1248
郭袁俊,刘立人,刘德安等. $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ni}$ 晶体非挥发全息存储研究[J]. *中国激光*, 2005, **32**(9):1243~1248
- 13 R. Fujimura, T. Shimura, K. Kuroda. Recording properties of the nonvolatile hologram in Ru and Fe doped LiNbO_3 crystal [C]. *Trends in Optics and Photonics Series: Photorefractive*

- Effects, Materials, and Devices*, 2005, **99**:582~586
- 14 A. Adibi, K. Buse, D. Psaltis. System measure for persistence in holographic recording and application to singly-doped and doubly-doped lithium niobate [J]. *Appl. Opt.*, 2001, **40**(29): 5175~5162
- 15 A. Adibi, K. Buse, D. Psaltis. Multiplexing holograms in $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$ crystals [J]. *Opt. Lett.*, 1999, **24**(10):652~654
- 16 Liu Youwen, Liu Liren, Guo Yingchun *et al.*. The dynamics of holographic storage in doubly doped $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$ [J]. *Acta Physica Sinica*, 2000, **49**(5):880~886
刘友文,刘立人,郭迎春等. 双掺杂 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$ 全息存储动力学[J]. *物理学报*, 2000, **49**(5):880~886
- 17 Guoquan Zhang, Yasuo Tomita, Xinzheng Zhang *et al.*. Near-infrared holographic recording with quasi-nonvolatile readout in $\text{LiNbO}_3:\text{In},\text{Fe}$ [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2002, **81**(8):1393~1395
- 18 A. Adibi, K. Buse, D. Psaltis. Two-center holographic recording [J]. *J. Opt. Soc. Am. B*, 2001, **18**(5):584~601
- 19 Liyong Ren, Liren Liu, De'an Liu *et al.*. Recording and fixing dynamics of nonvolatile photorefractive holograms in $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Mn}$ crystals [J]. *J. Opt. Soc. Am. B*, 2003, **20**(10):2162~2173
- 20 Liyong Ren, Liren Liu, De'an Liu *et al.*. Optimal switching from recording to fixing for high diffraction from a photorefractive nonvolatile hologram [J]. *Opt. Lett.*, 2004, **29**(2):186~188

"名家讲坛" 征稿启事

为了让读者进一步全面了解光电子各领域的发展历程及研究进展,《激光与光电子学进展》杂志将从2006年下半年开始推出专题栏目“名家讲坛”,邀请国内外著名学者、教授、高级研发人员讲述激光与光电子技术发展过程中的关键技术、重要突破以及目前的研究热点。内容涉及理论探讨、技术突破、材料研发和市场开拓等相关领域。同时面向广大读者征稿,要求如下:

- 1、作者在激光与光电子应用领域具有一定造诣,并在某一方面有较深入的研究或对该领域的发展态势有较全面和前瞻的把握。
- 2、文章涉及内容应在激光与光电子领域占有重要地位,具有客观的总结性或者高度的前瞻性。
- 3、文章最好配有一定数量的图表(最好为彩色),字数不少于6000,最好不超过20000。
- 4、投稿同时,请作者提供作者简介,包括研究领域、研究成果等。
- 5、论文一经录用,本刊将优先发表,并酌付稿酬。
- 6、投稿地址:上海市800-211邮政信箱《激光与光电子学进展》编辑部



欢迎大家踊跃投稿,让我们共同期待“名家讲坛”的精彩呈现!

邮政编码:201800

电子邮件:gwjg@mail.shcnc.ac.cn

联系电话:021-69918166

《激光与光电子学进展》编辑部

主编 刘真元