

NaF 及其掺杂晶体 F_2 心的二向色性研究*

冯志萍 王存达 顾洪恩 高 节 万良凤

(天津大学应用物理系, 天津 300072)

摘 要 给出了 NaF 及其掺杂质 Li^+ 、 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 和 OH^- 五种样品的 F_2 心在偏振的氮分子激光照射下的二向色性吸收特性, 对各种样品中 F_2 心的转向效率进行了比较, 并对结果进行了机理性的分析。

关键词 F_2 心, 二向色性, 排列, 转向效率。

1 引 言

当晶体着色后, 存在较多的 F 心和相对少的 F_2 心, 用适当的 F 带光照射晶体, 可以使 F 心聚集成 F_2 心^[1]。由于 F_2 心取向的无规性, 一般在宏观上不显示其偏振吸收特性。如果用 $[110]$ 方向偏振的 M_F 带光照射晶体, F_2 心中与 M_F 带相应的跃迁矩对光产生吸收, 并转到不吸收光的方向上去。经过一段时间的照射, 大多数的 F_2 心转向偏振光振动的方向, 而使晶体在宏观上显示出二向色性。利用这种光致 F_2 心的转向特性可以进行可擦除高密度光存储^[2]。由于 NaF 晶体的 F_2 心在室温下是稳定的, 所以对其二向色性进行系统研究是很有意义的。

2 实验结果及讨论

经抛光的纯 NaF 以及 NaF: Li^+ 、NaF: Mg^{2+} 、NaF: Cu^+ 、NaF: OH^- 五种晶体均被切成 1 mm 左右的晶片, 在室温下经 Van-De-Graaff 电子加速器辐照着色。电子束能量为 1.5 MeV, 束流密度为 $0.8 \mu A/cm^2$ 。对纯的, 掺 Li^+ 和掺 OH^- 的样品辐照时间为 10 分钟, 其余的两种为 5 分钟。辐照着色后的纯的样品呈粉红色。掺 Li^+ 的样品比纯的略发黄, 掺 OH^- 的样品呈桔黄色, OH^- 的浓度大时显黄绿色。掺 Mg^{2+} 的样品呈紫色, 掺 Cu^+ 的样品呈褐色。着色后的各种样品用 $[110]$ 方向偏振的 337 nm 的氮分子脉冲激光照射, 即进行予排列后, 用 UV-240 紫外-可见分光光度计进行 $[110]$ 和 $[1\bar{1}0]$ 方向的吸收检测, 掺锂、掺镁和掺铜样品的实验结果如图 1 所示。图中实线为 $[110]$ 方向检测的吸收曲线, 虚线为 $[1\bar{1}0]$ 方向检测的吸收曲线。经予排列的样品再用 $[1\bar{1}0]$ 方向偏振的氮分子激光照射, 照射一定的脉冲后, 对各种样品的二向色性吸收情况再进行检测, 从而比较出 F_2 心的光稳定性和转向效率。图 2 为经予排列后的 NaF: Li^+ 样品的 $[110]$ 和 $[1\bar{1}0]$ 方向吸收光密度随曝光量对数的变化曲线, 即 $H-D$ 曲线。

* 本课题受国家自然科学基金资助。

收稿日期: 1994 年 11 月 23 日; 收到修改稿日期: 1995 年 2 月 23 日

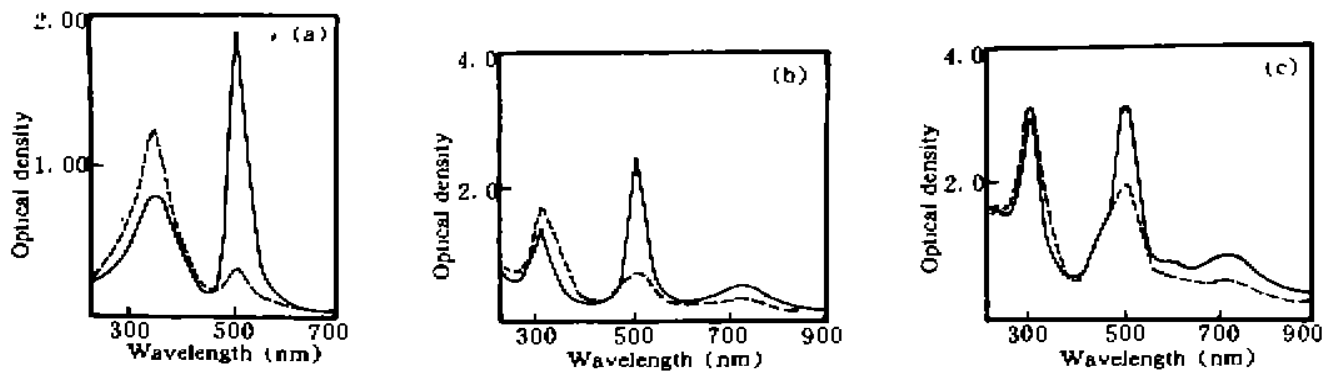


Fig. 1 The dichromatic spectra of the samples after illumination with polarized F band light. (a) $\text{NaF}:\text{Li}^+$, exposure: 0.2 J/cm^2 ; (b) $\text{NaF}:\text{Mg}^{2+}$, exposure: 4.3 J/cm^2 ; (c) $\text{NaF}:\text{Cu}^+$, exposure: 21.6 J/cm^2 .

纯 NaF 样品的 F_2 心的光稳定性与掺锂样品的相近, 都比较稳定, 但转向效率不如掺锂样品的。其它三种样品的 F_2 心的光稳定性都比较差。其中掺 OH^- 样品的最差^[3], 经不起偏振的 F 带光的反复照射而较快地被漂白, F_2 心的二向色性对比度很差。随着 F 带光的照射, 掺镁和掺铜样品的 F 心吸收带都移为 310 nm , 如图 1 所示, 而且呈现出一个窄的吸收带^[4]。掺镁样品的转向效率比掺铜的明显得多。

掺锂样品的转向效率明显的高, 这与用 M 带光进行存储时的情况有所不同^[5]。用 F 带光使 F_2 心转向的机理一般被认为是 F_2 心吸收光子后首先被电离成 F_2^+ 心, 再被光照后转向, 转向了的 F_2^+ 心再退电离成为转向了的 F_2 心^[6]。由于杂质锂的半径很小, 可使空位 F^+ 跳跃的几率增加。掺 OH^- 样品电子型色心容易被 F 带光漂白, 主要是在着色过程中产生的氧离子的影响^[3]。Burt 等在研究了 $\text{KCl}:\text{Na}^+$ 晶体中 F_2 心的光存储特性后, 设想在晶体中附加深的电子陷阱可以增加 F_2 心的电离, 从而提高 F_2 心的转向效率^[6]。事实上, 考虑到一价金属的电子亲合能顺序, Cu 离子在 NaF 晶体中应该是深的电子陷阱^[4]。但掺铜样品中 F_2 心的转向效率并不高, 主要原因有两点, 一是深的电子陷阱使 F_2^+ 心的退电离变得困难了, 本实验中, 掺镁和掺铜样品在排列和转向过程中 F_2^+ 心有明显增长趋势和二向色性, 如图 1(b) 和 1(c) 所示。对掺镁的样品该吸收峰能稳定数日, 对掺铜样品稳定的时间更长。图 3 是掺镁样品在排列后又经室温存放一周后的吸收谱, 从图中已看不到 F_2^+ 心的吸收峰了。正因如此, 掺镁样

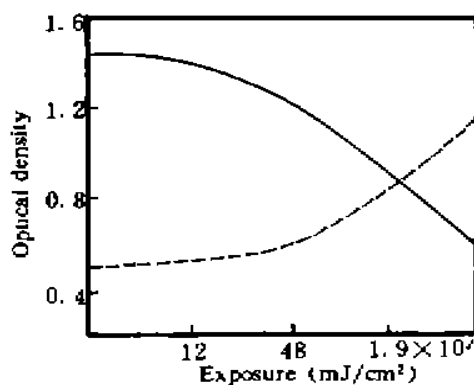


Fig. 2 The H-D curve of $\text{NaF}:\text{Li}^+$ sample. The solid curve is for measuring light of $[110]$, and the dashed curve is for $[1\bar{1}0]$.

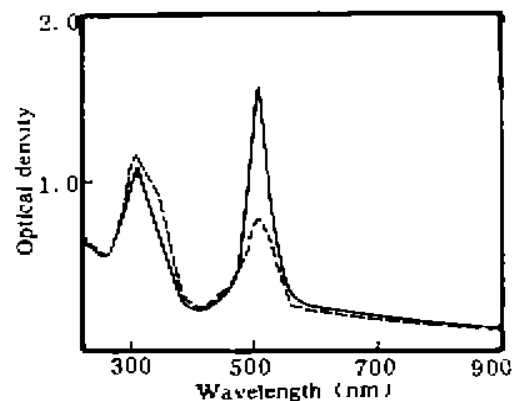


Fig. 3 The dichromatic spectra of aligned $\text{NaF}:\text{Mg}^{2+}$ sample under the room temperature for one week.

品中 F₂ 心的转向效率比掺铜的高。第二是掺铜样品经 F 带光照后在 450 nm 附近形成了一个新的吸收带, 如图 1(c) 所示, 减小了其二向色性对比度。

结 论 在晶体中附加深的电子陷阱不一定能提高 F₂ 心的转向效率。在 NaF 及其掺杂质锂, 镁, 铜和 OH⁻ 五种晶体中, 无论 F₂ 心的光稳定性还是转向效率, 掺锂的样品都具有独特的优势。

参 考 文 献

- [1] 方书淦, 张启仁, 色心物理. 上海, 上海交通大学出版社, 1989
- [2] S. V. Pappu, Information storage using alkali halide crystals. *Contemp. Phys.*, 1985, 26(5): 479~497
- [3] 冯志萍, 王存达, 俞平等, NaF:OH⁻ 晶体色心及其在氮分子激光照射下的光谱特性. *光学学报*, 1995, 15(8): 1046~1049
- [4] Zhi-Ping Feng, Cu-Da Wang, Liang-Feng Wan, Perturbative effects on the F centers in NaF crystal doped with magnesium. *Phys. Stat. Sol. (B)*, 1995, 187(1): K1~K4
- [5] 冯志萍, 王存达, 杜一兵等, 一种利用碱卤晶体 F₂ 心实现高密度光存储的新方法. *人工晶体学报*, 1994, 23(4): 309~311
- [6] J. Burt, H. Knoebel, V. Krone et al., Experimental high density optical memory using the dichroic absorption of the M_A color center. *Appl. Opt.*, 1973, 12(6): 1213~1219

The Dichromatic Properties of F₂ Centers in NaF and Doped Crystals

Feng Zhiping Wang Cunda Gu Hongen

Gao Jie Wan Liangfeng

(Department of Applied Physics, Tianjin University, Tianjin 300072)

(Received 21 November 1994; revised 21 February 1995)

Abstract The dichromatic properties of F₂ centers in NaF and NaF doped with Li⁺, Mg²⁺, Cu²⁺ and OH⁻ crystals under the irradiation of pulsed N₂ laser are studied systematically. The reorientation efficiency is analysed and the experiment results are discussed.

Key words F₂ center, dichromatic, align, reorientation efficiency.