

$\text{NaCl}(\text{A}^+, \text{OH}^-) : (\text{F}_2^+)_{\text{HA}}$ 色心激光晶体系列*

吴季怀 许承晃 邱继展 黄长沧

(材料物理化学研究所)

摘要 本文报道 $\text{NaCl}(\text{A}^+, \text{OH}^-) : (\text{F}_2^+)_{\text{HA}}$ ($\text{A}^+ = \text{Li}^+, \text{K}^+, \text{Rb}^+$) 色心激光晶体系列的研究结果,证实了许承晃等人提出的掺杂离子扰动效应的理论见解,澄清了 NaCl 晶体中 K^+ 的作用在 NaCl 晶体中首次报道了三种 $(\text{F}_2^+)_{\text{HA}}$ 色心晶体。

关键词 色心, 激光材料, 晶体, 氯化钠, 氢氧根, 扰动效应, $(\text{F}_2^+)_{\text{HA}}$ 心

0 引言

迄今, NaCl 晶体中的 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 色心是激光性能最优、应用价值和前景最好的色心激光晶体材料。自1986年J. F. Pinto 等人首次报道 $\text{NaCl}(\text{OH}^-) : (\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 色心以来^[1],一直受到色心研究者的重视。在成功研制 $\text{NaCl}(\text{OH}^-) : (\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 色心激光晶体材料的基础上^[2,3],为进一步了解碱金属阳离子对 $\text{NaCl}(\text{OH}^-)$ 晶体中 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心的扰动效应,探讨了晶体中阴阳离子扰动规律,研制出更有实用价值的类 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 色心激光晶体系列。根据掺杂离子扰动效应的有关理论见解^[4,5],我们对 $\text{NaCl}(\text{A}^+, \text{OH}^-)$ 体系($\text{A}^+ = \text{Li}^+, \text{K}^+, \text{Rb}^+$)进行系统研究,已取得了部分结果。

1 结果与讨论

$\text{NaCl}(\text{A}^+, \text{OH}^-)$ 晶体中 $(\text{F}_2^+)_{\text{HA}}$ 色心的制备过程与 $\text{NaCl}(\text{OH}^-) : (\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 色心的制备过程大致相同^[3]。 A^+ 的掺入,影响了晶体中 OH^- , $\text{O}^{2-} - \text{F}^+$, $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 色心的性质。

(1) A^+ 离子掺入后与 OH^- 产生不同程度的缔合,使 OH^- 的185nm特征吸收峰发生变化(图1)。同时, A^+ 改变了晶体中 OH^- 的有效浓度。因此,要在晶体中有效地形成 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 型心,可以提高 OH^- 的掺入量(表1)。

(2) 在赋色时, $\text{NaCl}(\text{A}^+, \text{OH}^-)$ 晶体除了产生与 $\text{NaCl}(\text{OH}^-)$ 晶体相同的峰值为288nm

本文1990—01—20收到。

*国家青年自然科学基金项目。

的 $O^{2-}-F^{+}$ 吸收峰和峰值为228nm的 O^{-} 吸收峰外,还出现了峰值随不同阳离子变化的新吸收峰: $NaCl(Li^{+}, OH^{-})$ 为255nm; $NaCl(Rb^{+}, OH^{-})$ 为265nm; $NaCl(K^{+}, OH^{-})$ 为285nm(图2)。这些新产生的紫外氧带吸收峰,其性质类似于 $NaCl(OH^{-})$ 晶体288nm吸收的 $O^{2-}-F^{+}$,因此把它们定义为 $(O^{2-}-F^{+})_A$ 。

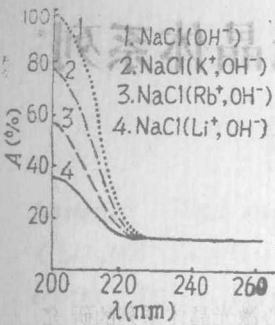


图1 $NaCl(A^{+}, OH^{-})$ 晶体赋色前吸收谱

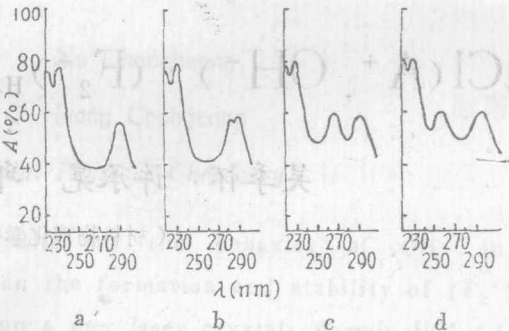


图2 $NaCl(A^{+}, OH^{-})$ 晶体赋色后吸收谱
(a) $NaCl(OH^{-})$ (b) $NaCl(K^{+}, OH^{-})$
(c) $NaCl(Rb^{+}, OH^{-})$ (d) $NaCl(Li^{+}, OH^{-})$

(3) 转型后,在 $NaCl(A^{+}, OH^{-})$ 晶体中形成了类 $(F_2^{+})_H$ 色心,其吸收峰和发射峰相对纯 $(F_2^{+})_H$ 心有移动,而其它性质类似 $(F_2^{+})_H$ 心(表1),因此定义它们为 $(F_2^{+})_{HA}$ 心。

表1 掺杂离子 A^{+} 对 $(F_2^{+})_H$ 心的影响

组 成	掺杂离子浓 度(ppm)	$C_{OH^{-}}/C_A$	$(O^{2-}-F^{+})_A$ 吸收峰(μm)	$(F_2^{+})_{HA1}$ 吸 收峰(μm)	$(F_2^{+})_{HA2}$ 吸 收峰(μm)	$(F_2^{+})_{HA1}$ 发 射峰(μm)	$(F_2^{+})_{HA2}$ 发射峰(μm)
$NaCl(OH^{-})$	OH: 100		0.288	1.05	1.09	1.50	1.57
$NaCl(K^{+}, OH^{-})$	OH: 300 K+: 1500	0.02	0.285	1.04	1.08	1.49	1.56
$NaCl(Rb^{+}, OH^{-})$	OH: 500 Rb+: 4000	0.12	0.265	1.02	1.08	1.48	1.55
$NaCl(Li^{+}, OH^{-})$	OH: 200 Li+: 200	1	0.255	1.03	1.08	1.52	1.59

由表1可见,由于 A^{+} 的掺入使得 OH^{-} 的有效浓度, $(O^{2-}-F^{+})_A$, $(F_2^{+})_{HA1}$ 和 $(F_2^{+})_{HA2}$ 相对于 $NaCl(OH^{-})$ 晶体有所变化。变化值 ΔA^{+} 随着掺进离子的不同而不同,并有 $\Delta_{Li^{+}} > \Delta_{Rb^{+}} > \Delta_{K^{+}}$ 的规律。这是由于掺进离子的半径、电负性与基质离子不同引起的。这一规律正符合文献[4]所提出的理论见解。

从表中可以看到, K^{+} 离子的扰动效应较小,因此当 KCl 的浓度不是太大($KCl < 0.5\%$)时,其扰动效应可以忽略,因而澄清了1985年和1986年, J. F. Pinto等人关于 $NaCl(K^{+})$ 得到 $(F_2^{+})_A$ 和 K^{+} 对 $(F_2^{+})_H$ 心没有影响^[1]等不确切的报道。

表中所列举的结果表明, $(F_2^{+})_{HA}$ 色心相对于 $(F_2^{+})_H$ 色心的吸收,发射波长均有所移动。因此,能够更有效地选择晶体,以适应泵浦源的匹配和更有效地利用峰值波长的输出激光。例如,当选用 $1.08\mu m$ 的YAP作泵浦源时,可选择吸收峰值为 $1.09\mu m$ 的 $NaCl(OH^{-})$:

(F₂⁺)_{H2} 色心晶体作工作介质, 当选用 1.06 μm 的 YAG 做泵浦源时, 可选择吸收峰值为 1.05 μm 的 NaCl (Rb⁺, OH⁻) : (F₂⁺)_{HA2} 色心晶体作工作介质。显然, 这样的选择将有效地提高泵浦效率。

参 考 文 献

- [1] Pinto, J. F., Georgiou, E. & Pollock, C. R., Stable Color-Center Laser on OH-Doped NaCl Operating in the 1.41-to 1.81-μm Region, *Opt. Lett.*, 11, (1986), 519.
- [2] 吴季怀、许承晃等, NaCl (OH⁻) 晶体中类 (F₂⁺)_H 色心, 人工晶体, 17, (1988), 335.
- [3] 吴季怀、许承晃等, NaCl (OH⁻) : (F₂⁺)_H 色心激光晶体, 华侨大学学报 (材料物化专辑), 11, 3 (1990).
- [4] 许承晃、陈光富、吴季怀等, 受扰的 F₂⁺ 型色心的形成及其演化, 人工晶体, 17, (1988), 329.
- [5] 许承晃, 掺杂碱卤晶体中的类 F₂⁺ 型色心, 华侨大学学报 (材料物化专辑), 11, 3 (1990).
- [6] Pinto, J. F., Stratton, L. W. & Pollock, C. R., Stable Color-Center Laser in K-Doped NaCl Tunable from 1.42-1.76 μm, *Opt. Lett.*, 10, (1985), 384.

NaCl (A⁺, OH⁻) : (F₂⁺)_{HA} Color Center Laser Crystal Series

Wu Jihuai Xu Chenghuang Qiu Jizhan Huang Changcang

(Institute of Material Physical Chemistry)

Abstract This paper reports the results on NaCl (A⁺, OH⁻) : (F₂⁺)_{HA} (A⁺ = Li⁺, K⁺, Rb⁺) color center crystal series. The theoretical view of Xu Chenghuang, et al on the perturbation effect of doped ions is thus verified. The effect of K⁺ ions in NaCl crystal is clarified. Three kinds of (F₂⁺)_{HA} color centers in NaCl crystal are reported for the first time.

Key words color center, laser material, crystals, sodium chloride, OH⁻ ion, perturbation effect, (F₂⁺)_{HA} color center