

NaCl(Li^+ , OH^-)晶体中 Li^+ 的扰动效应*

黄长沧 许承晃 邱继展

(材料物理化学研究所)

摘要 本文报道在 NaCl(Li^+ , OH^-) 晶体中 Li^+ 的扰动效应. 不同浓度的Li对F带、氧带和 F_2^+ 带光谱的变化及其对类 F_2^+ 型色心形成产生影响; 通过控制 OH^- , Li^+ 的浓度和有关的物理化学条件, 在NaCl(Li^+ , OH^-) 晶体中可同时获得 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心、 $(\text{F}_2^+)_\text{HA}$ 心和 $(\text{F}_2^+)_\text{AH}$ 心.

关键词 扰动, Li, NaCl, 色心, 晶体, 激光材料

0 引言

碱卤化物晶体中的 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心是当前最优秀的近红外色心激光工作心, 它作为激光介质所具备的理想特性促使国际上几乎所有的色心研究单位都开展对它的研究. 我们在研究了一系列 OH^- 掺杂的碱卤化物晶体中 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的基础上, 为认识 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心研制中的一些机理问题, 并为研制有利于泵浦匹配和输出波长要求的新材料提供实验依据, 进一步研究了碱金属阳离子杂质对这些晶体中 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的影响^[1-5]. 近期国际上亦出现这方面研究的报道. 1989年5月E. Georgiou和C. R. Pollock报道了阳离子杂质对NaCl晶体中 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心形成的影响^[6], 肯定了当 Li^+ 离子浓度较大时对 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心形成的抑制作用. 然而, 这种抑制作用只是问题的一个方面. Li 离子的掺入在许多方面影响了NaCl: OH^- 晶体的行为. 本文将进一步报道不同Li离子掺入量对 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心形成和性质的影响.

1 研究内容和结果

用各种不同 Li^+ , OH^- 掺入量的NaCl单晶, 其生长方法和条件与E. Georgiou和C. R. Pollock相似^[6]. 熔体中杂质掺入量的范围为: 0.01—1.5mol% LiCl和0.01—0.10mol% NaCl. 有关晶体生长的详情如文〔7〕中所报道.

1. 阳离子影响 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的普遍性

本文1990—01—20收到.

*国家自然科学基金资助课题.

Georgiou和C. R. Pollock认为 Li^+ 离子的掺入抑制了 NaCl 晶体中 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的形成^[6]。事实上,大量有关阳离子掺杂的实验表明:阳离子的掺入对晶体中 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的形成有一定的抑制作用,这是一个普遍的现象^[2, 3, 8, 9]。然而,某些离子在一定离子浓度范围内,这种影响不明显,一般吸收光谱检测较难反映出来。如 $\text{NaCl}:\text{K}^+:\text{OH}^-$, K^+ 的浓度(晶体中) $<1500\text{ppm}$; $\text{NaCl}:\text{Rb}^+:\text{OH}^-$, Rb^+ 的浓度(晶体中) $<500\text{ppm}$; $\text{KCl}:\text{Na}^+:\text{OH}^-$, Na^+ 的浓度(晶体中) $<50\text{ppm}$; $\text{KBr}:\text{Na}^+:\text{OH}^-$, Na^+ 的浓度(晶体中) $<50\text{ppm}$ 。

Li^+ 离子的掺入对于 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的形成所起的抑制作用特别显著,比如 $\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$, $\text{KCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$, $\text{KBr}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体,在这些晶体中,当 Li^+ 离子的浓度达到一定程度时(Li^+ 离子的浓度见图1), $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的形成受到很大程度的抑制。 $\text{NaCl}:\text{OH}^-$, $\text{KCl}:\text{OH}^-$, $\text{KBr}:\text{OH}^-$ 晶体在钠蒸汽或钾蒸汽中经高温附加着色后, OH^- 有效地分解,形成 O^{2-} -空位对。在这些晶体中掺入一定量的 Li^+ 离子后,经同样的附加着色,形成的 O^{2-} -空位对明显地减少(O^{2-} -空位对是形成 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心所必须的^[10]),甚至完全消失,以致不能有效地形成 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心。这个结果可由图1所示的一组紫外吸收谱上看出。关于 $\text{KCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 和 $\text{KBr}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体的详情将另文报道。

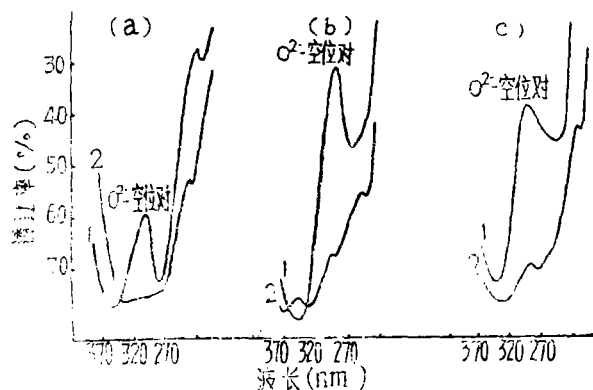


图1 $\text{AX}:\text{OH}^-$ 与 $\text{AX}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 的紫外吸收谱比较

- (a) 1— $\text{NaCl}:\text{OH}^-$; 2— $\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$; $[\text{Li}^+] \sim 0.1\text{mol}\%$ [melt]; $[\text{OH}^-] \sim 0.02\text{mol}\%$ [melt];
 (b) 1— $\text{KCl}:\text{OH}^-$; 2— $\text{KCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$; $[\text{OH}^-] \sim 0.2\text{mol}\%$ [melt]; $[\text{Li}^+] \sim 0.1\text{mol}\%$ [melt];
 (c) 1— $\text{KBr}:\text{OH}^-$; 2— $\text{KBr}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$; $[\text{OH}^-] \sim 0.2\text{mol}\%$ [melt]; $[\text{Li}^+] \sim 0.1\text{mol}\%$ [melt]

阳离子的掺入一方面抑制了 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的形成,另一方面也影响了 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的性质。如表1所示,在 $\text{KCl}:\text{OH}^-$ 和 $\text{KBr}:\text{OH}^-$ 晶体中 Na^+ 离子的掺入改变了 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的吸收峰位和发射峰位^[3, 8]。

表1 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 型心光谱峰位

晶 体	峰 位 (μm)	
	吸 收	发 射
$\text{KCl}:\text{OH}^-$	1.45	1.78
$\text{KCl}:\text{OH}^-:\text{Na}^+$	1.39	1.86
$\text{KBr}:\text{OH}^-$	1.58	1.97
$\text{KBr}:\text{OH}^-:\text{Na}^+$	1.65	2.13

阳离子的掺入除了直接对 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心产生影响外,对晶体中的其它色心也会产生影响。如在 $\text{KCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体中,由于 Li^+ 离子的掺入,就有一部分F心与Li离子相互结合而形成

F_A心^[11].在KCl: Na⁺: OH⁻晶体中,也有部分F心与Na⁺离子相互结合,而形成F_A心和F_B心:

当晶体中阳离子的相对浓度(相对于OH⁻浓度)增大时,可能形成以阳离子扰动为主的F₂⁺型心,即(F₂⁺)_{AH}心.如在KCl: Li⁺: OH⁻^[11]晶体和KCl: Na⁺: OH⁻^[3]晶体中,当Li⁺离子或Na⁺离子浓度增大到一定程度,而OH⁻浓度较少时,生成的F₂⁺型心是以阳离子扰动为主的(F₂⁺)_{AH}心.

1.2 NaCl: OH⁻晶体的光谱性质及(F₂⁺)_H心的形成

NaCl: OH⁻晶体(熔体中OH⁻浓度为0.01—0.1mol%)经钠蒸汽附加着色后,在紫外吸收谱上除了有未分解完全的OH⁻吸收峰(185nm)外,还有二个主要的吸收峰,其峰值波长一个位于288nm,另一个位于226nm,如图2所示.文[10], [12]的结果是相符的,我们发现这两个吸收峰的相对强度,会随晶体及附加着色条件和热处理条件的变化而相应产生改变.这种因变关系涉及的因素较多,而且交错复杂,至今尚难明确.由实验现象分析后可以肯定:较长的着色时间、较深的热处理程度和热处理后较快的冷却速度都有利于288nm吸收峰的增大;226nm吸收峰较大而288nm吸收峰很小的晶体,在我们的条件下不能有效地形成(F₂⁺)_H心.相反,有较大的288nm吸收峰的晶体,不管226nm吸收峰的大小,通常都能形成较大浓度的(F₂⁺)_H心.

1.3 Li⁺离子对NaCl: OH⁻晶体中色心的扰动效应

阳离子的掺入对NaCl: OH⁻晶体中(F₂⁺)_H心有一定的影响;Li⁺离子的掺入对NaCl: OH⁻晶体中(F₂⁺)_H心的影响较K⁺, Rb⁺离子显著^[2,9].要求较系统地研究Li⁺离子对类F₂⁺型心的影响难度很大(在阳离子存在下,(F₂⁺)_H心的性质有了一定的变化,并可能形成新的F₂⁺型心,可用类F₂⁺型心统称之).因为Li⁺离子的掺入对(F₂⁺)_H心(不管是在KCl晶体还是在NaCl晶体或者KBr晶体)的形成产生的抑制作用特别显著.当Li⁺离子的浓度达到一定程度时要得到(F₂⁺)_H心就很困难.在NaCl晶体中,Li⁺离子的浓度大于1000ppm时,就难于形成(F₂⁺)_H心.即使在Li⁺离子浓度较小时,也很容易由于Li⁺/OH⁻的浓度比、晶体生长条件等因素的控制不当而无法形成(F₂⁺)_H心.但是,要求了解Li⁺离子的影响效应,又要求有足够浓度的Li⁺离子,以便能观察到它对类F₂⁺型心性质的影响.因此必须控制好材料制备中的诸多变化因素.我们控制Li⁺离子的掺入量、Li⁺/OH⁻的浓度比和晶体生产条件,在NaCl: Li⁺: OH⁻晶体中获得了类F₂⁺型心,并系统测定了与该色心有关的光谱变化.

当晶体生长的熔体中OH⁻浓度<0.05mol%和Li⁺/OH⁻浓度比为0.8—2.0时,生长后的晶体经附加着色和热处理,其紫外吸收谱上有三个主要的吸收峰.其中两个的峰值波长位于288nm和226nm,这与OH⁻单掺杂的晶体基本一致.与NaCl: OH⁻晶体不同的是增加了一个峰值波长为255nm的吸收峰.图3为一组不同Li⁺离子掺入量(掺入量较小)的晶体经附加着色和热处理后的紫外吸收光谱图.

由图3可以看出,当Li离子的掺入量较大时(如图中的0.15mol%熔体),288nm和255nm的吸收峰受到完全抑制.在这种晶体中不能有效地形成(F₂⁺)_H心.

NaCl: Li⁺: OH⁻晶体中288nm和255nm吸收峰的相对强度与晶体中Li⁺离子、OH⁻离子浓度和晶体生长条件有关.如图3所示, Li⁺离子的浓度增大,255nm的相对强度也增大.

在NaCl: OH⁻晶体中如果没有288nm吸收峰存在,就不能形成(F₂⁺)_H心. NaCl: Li⁺

: OH^- 晶体与 $\text{NaCl}:\text{OH}^-$ 晶体不同的是在没有明显的 288nm 吸收峰而有较大 255nm 吸收峰时, 也能形成较大浓度的类 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心, 如图 4 所示。

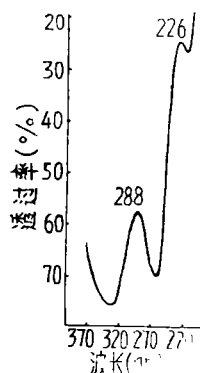


图 2 $\text{NaCl}:\text{OH}^-$ 着色后紫外吸收谱

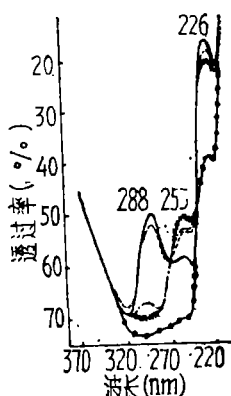


图 3 $\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 着色后紫外吸收谱

$[\text{OH}^-] \sim 0.002\% (\text{melt})$;
 ———— 为 $[\text{Li}^+] \sim 0.01\text{mol}\%$ (melt);
 - - - 为 $[\text{Li}^+] \sim 0.02\text{mol}\%$ (melt);
 - · - 为 $[\text{Li}^+] \sim 0.03\text{mol}\%$ (melt);
 - × - × 为 $[\text{Li}^+] \sim 0.04\text{mol}\%$ (melt);
 - o - o 为 $[\text{Li}^+] \sim 0.15\text{mol}\%$ (melt)

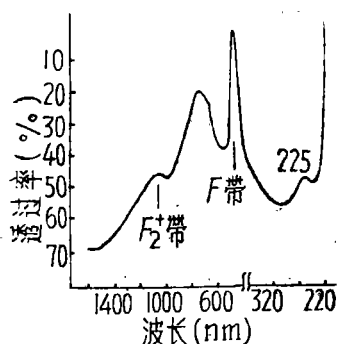


图 4 $\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 吸收光谱 (紫外区只有 255nm 吸收峰的晶体)

$\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体的类 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心的光谱峰位相对于 $\text{NaCl}:\text{OH}^-$ 晶体的 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心有一定的位移。峰位的位移大小与 288nm 和 255nm 吸收峰的相对强度是对应的, 也即与 Li^+ 离子的浓度有关, 如表 2 所示。

$\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体中类 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心的发射峰位相对于 $\text{NaCl}:\text{OH}^-$ 晶体也有明显的位移。图 5 所示为用 Ar^+ 离子激光器 $0.488\mu\text{m}$ 线作光源得到的两种晶体中类 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心发射峰位的比较。

$\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体的 F 带吸收峰位相对于 $\text{NaCl}:\text{OH}^-$ 晶体发生了一定的红移, 即有 F_A 心形成, 这与文 [6] 的结果相同。

表 2 $\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 型心吸收峰位与 Li^+ 离子的掺入量

OH^- 浓度 mol% [melt]	Li^+ 浓度 mol% [melt]	$(\text{F}_2^+)_{\text{H}}(1)(\mu\text{m})$	$(\text{F}_2^+)_{\text{H}}(2)(\mu\text{m})$
0.02	0	1.04	1.09
0.02	0.01	1.03	往长波方向移动峰位
0.02	0.02	1.02	难以分辨, 长波边由
0.02	0.03	1.01	$\text{NaCl}:\text{OH}^-$ 的 1.25
0.02	0.04	1.00	μm 移到 1.34 μm

我们用 $\text{Nd}:\text{YAP}$ 激光器的 $1.34\mu\text{m}$ 线作光源激发 $\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体, 得到峰位为 $1.70\mu\text{m}$ 的荧光 (图 6)。这与 NaCl 晶体中 Li^+ 离子受扰 $(\text{F}_2^+)_{\text{A}}$ 心的荧光峰位一致^[13], 而 $\text{NaCl}:\text{OH}^-$ 晶体和 $\text{NaCl}:\text{Li}^+$ 晶体用同样的光源激发则得不到这个荧光。图 6 中同时出现一个峰位为 $1.60\mu\text{m}$ 的弱荧光峰, 是 $\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体中 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心的荧光。这说明 $\text{NaCl}:\text{Li}^+:$

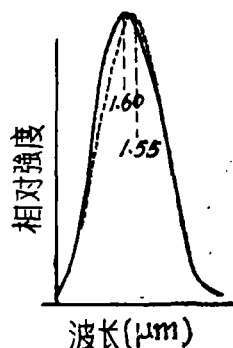


图5 NaCl:Li⁺:OH⁻与NaCl:OH⁻
(F₂⁺)_H心的发射光谱光源:
Ar⁺Laser 0.488μm

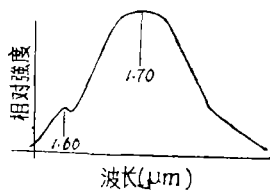


图6 NaCl:Li⁺:OH⁻晶体发
射光谱, 光源 Nd:YAP
1.34μm

OH⁻晶体中(F₂⁺)_H心的吸收谱与激发光源波长有一定的重叠, 但由于重叠程度很小, 故荧光很弱(吸收谱上有较大浓度的(F₂⁺)_H心)。

2 结论和讨论

2.1 阳离子对(F₂⁺)_H心的影响

碱金属阳离子的存在普遍影响着碱卤化物晶体中的类F₂⁺型心。但由于阳离子和基质晶体的不同, 阳离子所产生的影响也不一样。Li⁺离子对(F₂⁺)_H心的形成所起的抑制作用特别显著, 不管在NaCl, KCl还是在KBr晶体中都是这样。在KCl和KBr晶体中Na⁺离子的掺入虽然对(F₂⁺)_H心的形成所起的抑制作用较小, 但对(F₂⁺)_H心的光谱性质有明显的影响, 并对(F₂⁺)_H心的稳定性有明显的提高^[3,8]。在同一基质晶体中, 不同的阳离子影响也不一样。在NaCl晶体中, Li⁺离子对(F₂⁺)_H心的影响, 在形成和光谱移动方面比K⁺离子、Rb⁺离子显著^[2,9]。

2.2 关于NaCl:OH⁻晶体的紫外吸收谱

NaCl:OH⁻晶体经附加着色和热处理后, 在紫外区有二个主要的吸收峰。一个峰值波长位于288nm, 另一个位于226nm。有的文献认为这两个吸收峰都对应于O²⁻-空位对。根据这两个吸收峰的相对强度会随晶体和附加着色条件、热处理条件等的变化而有所变化的实验事实, 可认为这两个吸收峰对应于两种不同状态的氧相关缺陷, 而不是O²⁻-空位对的二个吸收峰。有的文献(如文[10])认为O²⁻-空位对的吸收峰位不是288nm, 而是226nm。我们的实验结果与之不同。226nm吸收峰较大而288nm吸收峰很小的晶体, 在笔者的条件下不能有效地形成(F₂⁺)_H心。而有较大的288nm吸收峰的晶体, 不管226nm吸收峰的大小, 通常都能形成较大浓度的(F₂⁺)_H心。这样看来, 如果按照目前公认的转型机理(即F + O²⁻-空位对 → (F₂⁺)_H), 似乎应该是288nm的吸收峰才对应O²⁻-空位对的吸收。

3.3 NaCl:Li⁺:OH⁻晶体中Li⁺离子的扰动效应

NaCl:Li⁺:OH⁻晶体经附加着色和热处理后, 在紫外吸收谱上比NaCl:OH⁻晶体增加

了一个峰位波长为255nm的吸收峰。而且 Li^+ 离子的浓度适当增大, 255nm的相对强度也增大。可见, 这个255nm的吸收峰对应的缺陷与 Li^+ 离子有关。与 $\text{NaCl}:\text{OH}^-$ 晶体不同, $\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体在没有明显的288nm吸收峰而有较大255nm吸收峰时, 也能形成较大浓度的 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心。这样看来, 255nm吸收峰也与 O^{2-} -空位对有关。可以认为, 255nm的吸收峰对应于 Li^+ 离子扰动的 O^{2-} -空位对。这与 $\text{KCl}:\text{Na}^+:\text{OH}^-$ 晶体的情况相似^[3]。

$\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体的 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心与 $\text{NaCl}:\text{OH}^-$ 晶体的 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心在光谱性质上有所不同, 它们的吸收峰和发射峰位都发生了一定的移动。我们认为在这种 $\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体中有一部分 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心受到 Li^+ 离子的扰动, 这与255nm吸收峰的出现是相互联系的。由于 $\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体中的 O^{2-} -空位对有一部分受到 Li^+ 离子的扰动, 所以由其形成的 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心也有一部分受到 Li^+ 离子的扰动。由于 Li^+ 离子的扰动就使得 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心的光谱峰位发生了移动。这种 Li^+ 离子扰动的 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心, 称为 $(\text{F}_2^+)_{\text{HA}}$ 心, A表示有一个近邻的 Na^+ 离子被 Li^+ 离子取代。随着 Li^+ 离子的浓度增加, 晶体中 $(\text{F}_2^+)_{\text{HA}}$ 心的成分增加, 而 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心的成分减少, 这就出现了表2所示的情况, 即峰位随 Li^+ 离子浓度的改变而移动。

Li^+ 离子的掺入除了对 $\text{NaCl}:\text{OH}^-$ 晶体中的 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心发生影响外, 还对F带有影响, 即有部分 Li^+ 离子与F心结合, 形成 F_A 心。

用Nd:YAP激光的1.34 μm 线作光源激发 $\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体, 得到峰位为1.70 μm 的荧光, 这与目前所报道的 NaCl 晶体中的所谓 Li^+ 离子受扰的 $(\text{F}_2^+)_{\text{A}}$ 心的荧光峰位一致^[13]。在 $\text{NaCl}:\text{OH}^-$ 晶体和 $\text{NaCl}:\text{Li}^+$ 晶体中均得不到这个结果。我们认为这个色心并不是单纯的 $(\text{F}_2^+)_{\text{A}}$ 心, 它还与 OH^- 存在有关, 因此暂时称它为 $(\text{F}_2^+)_{\text{AH}}$ 心。但因其浓度较小, 且晶体中有较大浓度的 $(\text{F}_2^+)_{\text{HA}}$ 心与之重叠, 故其吸收峰难以分辨。这个问题需要用激发谱进一步研究, 目前正在进行之中。

总之, $\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体中 Li^+ 离子的扰动效应目前所观察到的有如下几点: (1) Li^+ 离子与 OH^- 相互作用, 使其以某种形态存在, 而无法形成 O^{2-} -空位对, 从而抑制 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心的形成; (2)以替位形式存在于 O^{2-} -空位对第一近邻, 形成 Li^+ 离子扰动的 O^{2-} -空位对; (3)对 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心产生微扰, 形成 Li^+ 离子扰动的 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心, 即 $(\text{F}_2^+)_{\text{HA}}$ 心; (4)与部分F心结合, 形成 F_A 心; (5)形成另一个类 F_2^+ 型心, 即以 Li^+ 离子扰动为主的 $(\text{F}_2^+)_{\text{AH}}$ 心。

3 结语

本文系统地研究了 NaCl , KCl , KBr 晶体中阴阳离子杂质对 F_2^+ 型色心的影响, 发现阳离子的掺入对晶体中的 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心的形成和性质有一定的影响。所报道的 Li^+ 离子, 它对晶体中 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心形成的抑制作用特别显著。所得研究结果可以看到 Li^+ 离子的掺入一方面抑制了 NaCl 晶体中 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心的形成, 另一方面也影响了 NaCl 晶体中F带、氧带和 F_2^+ 带的光谱性质。这二个方面是相互联系的, 都说明了在 $\text{NaCl}:\text{Li}^+:\text{OH}^-$ 晶体中 Li^+ 离子、 OH^- 离子和色心之间存在着相互作用。

对于研制 F_2^+ 型色心材料来说, 阳离子杂质存在的抑制作用是要加以避免的, 而对 F_2^+ 带光谱性质的改变则是可以加以利用的, 而且极为重要。利用阳离子对 $(\text{F}_2^+)_{\text{H}}$ 心吸收峰位的

移动,可以使工作色心的吸收峰位与泵浦光源进一步匹配,提高其工作效率。而利用阳离子对(F₂⁺)_H心发射峰位的移动,则可使激光输出波长发生移动,满足应用上的要求。通过控制阳离子的掺入量,使(F₂⁺)_H心和(F₂⁺)_{HA}心共存,可拓宽激光输出的调谐范围。本文在NaCl:Li⁺:OH⁻晶体中获得了(F₂⁺)_{HA}心和(F₂⁺)_{AH}心共存,通过这种方法,可望在同一块晶体中获得多个波长范围的激光输出。为了避免阳离子带来的不利因素,发挥它的有利因素,就必须研究如何选择好阳离子的种类、浓度和制备过程的物理化学条件。这正是本研究工作的目的所在。

参 考 文 献

- [1] 许承晃、吴季怀、黄长沧,受扰F₂⁺色心的形成和演化,人工晶体, 17, 3—4 (1988) 329.
- [2] 黄长沧、许承晃,掺杂KCl和NaCl晶体中受扰F₂⁺心的研究,人工晶体, 17, 3—4 (1988) 333.
- [3] 陈光富、许承晃、邱继展, KCl:OH⁻:Na⁺晶体中(F₂⁺)_A和(F₂⁺)_H心的竞争和控制,人工晶体, 17, 3—4 (1988), 327.
- [4] 林建明、许承晃、邱继展, NaCl和KCl晶体中阴离子扰动效应的研究,人工晶体, 17, 3—4 (1988), 334.
- [5] 吴季怀、许承晃、邱继展, NaCl(OH⁻)晶体中的类(F₂⁺)_H色心,人工晶体, 17, 3—4 (1988), 335.
- [6] Georgiou, E., Pollock, C. R., *Phys. Rev. B*, 39, 14 (1989), 10412.
- [7] 邱继展、许承晃,掺杂KCl和NaCl晶体生长,人工晶体, 17, 3—4 (1988), 336.
- [8] 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).
- [9] 吴季怀、许承晃、邱继展、黄长沧, NaCl晶体(F₂⁺)_{HA}色心晶体系列,华侨大学学报(材料物化专辑), 11, 3 (1990).
- [10] Georgiou, E., Pinto, J.F. & Pollock, C. R., *Phys. Rev. B*, 35, 14 (1987), 7636.
- [11] 陈光富、许承晃, KCl:Li⁺:OH⁻晶体中的(F₂⁺)_{AH}心,华侨大学学报(材料物化专辑), 11, 3 (1990).
- [12] Wandt, D., Gellerman, W. & Luty, F., *J. Appl. Phys.*, 61, 3 (1987), 864.
- [13] Pinto, J. F., Stratten, L. W. & Pollock, C. R., *Opt. Lett.*, 10, 8 (1985), 384.

Perturbation Effect of Li^+ in $\text{NaCl}(\text{Li}^+, \text{OH}^-)$ Crystal

Huang Changcang Xu Chenghuang Qiu Jizhan

(*Institute of Material Physical Chemistry*)

Abstract Two results on the perturbation effect of Li^+ in $\text{NaCl}(\text{Li}^+, \text{OH}^-)$ crystal are emphasized in this paper: cation Li^+ of different concentrations bring forth spectral in F band, oxygen band and F_2^+ band, and give impetus also to the formation of F_2^+ -like type color centers; through controlling the concentration of Li^+ and OH^- and the relevant physico-chemical conditions, the $(\text{F}_2^+)_\text{H}$, $(\text{F}_2^+)_\text{HA}$, and $(\text{F}_2^+)_\text{AH}$ centers can be obtained simultaneously. These results will be important for the further research and development.

Key words perturbation, lithium, sodium chloride, color center, crystals, laser material