

Ar⁺ 激光激发的 LiAr A²Π→X²Σ 漫射谱发射

张立敏 夏宇兴¹⁾ 张运生²⁾ 耿玉珍³⁾ 王 辉⁴⁾ 魏勋斌

中国科学技术大学物理系, 合肥 230026

1991 年 4 月 28 日收到

用 Ar⁺ 的 457.9, 476.5, 496.5, 514.5 nm 激光激发充有 Ar 气的 Li 热管, 获得 Van der Waal's 分子 LiAr 在 650—760 nm 波长范围 A²Π→X²Σ 的漫射发射光谱. 讨论了产生这种发射的动力学机制.

PACC: 3370; 3490; 3380; 3320K

一、引 言

碱金属-惰性气体形成的 Van der Waal's 分子能够产生宽波段的连续光谱发射, 是很有希望的连续调频激光工作介质, 但是它的基态的不稳定性使得难以直接用光激发它. 早在 1975 年 Scheps 等人^[1]就通过共振激发 Li 原子 (2S→2P) 间接获得 LiAr A²Π→X²Σ 的发射光谱. 最近我们报道了用 He-Ne 激光激发 Li₂ 分子 (X¹Σ_g⁺→A¹Σ_g⁺) 并经由能量转移过程获得的 LiAr A²Π→X²Σ 的宽波段 (610—780 nm) 漫射发射光谱^[2]. 这不仅扩展了激发 LiAr 的手段, 而且对 LiAr 的激发动力学机制研究也有一定意义. 本文报道用 Ar⁺ 的 457.9, 476.5, 496.5, 514.5 nm 激光激发充有 Ar 气的 Li 热管获得的 Van der Waal's 分子 LiAr 在 650—760 nm 波长范围 A²Π→X²Σ 的漫射发射光谱, 并讨论了产生这种发射的动力学机制. 这种宽带连续谱研究无疑将有益于探讨分子、原子间能量转移以及寻找新的调频激光工作介质.

二、实 验 装 置

实验装置如图 1 所示. Li 蒸气产生于加热区 30 cm 长的直热管中. 典型的工作温度为 760—860℃. 相应的 Li 和 Li₂ 蒸气压分别为 1.21—6.02 Torr 和 0.037—0.27 Torr^[3]. 在热管炉中充以 0—760 Torr 的 Ar 气以形成 LiAr 分子. Ar⁺ 激光束 (INOVA 10) 经过斩波器进入热管炉使 Li₂ 分子被激发. 获得的 Li₂ 分子荧光和经能量转移过程产生的 LiAr 发射光从热管炉后向进入 HRD1 双光栅单色仪被 PM R376

1) 中国科学院安徽光学精密机械研究所, 合肥 230031.

2) 3) 4) 中国科学技术大学结构分析开放研究实验室, 合肥 230026.

光电倍增管接收。再经锁相放大器后送入记录仪。使用钨带标准灯对接收系统进行强度定标。

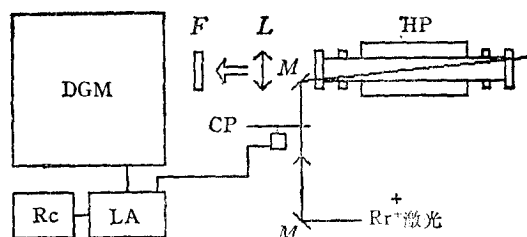


图1 实验装置 HP 为热管炉; L 为聚焦透镜; M 为反射镜; F 为滤光片; CP 为斩波器; DGM 为 HDR-1 双光栅单色仪; LA 为锁相放大器; RC 为记录仪

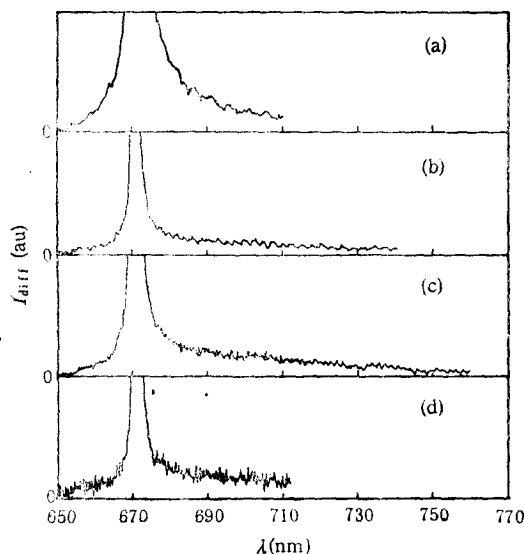


图2 Ar^+ 激光激发产生的 $\text{A}^2\Pi \rightarrow \text{X}^2\Sigma$ 漫射发射光谱 (没作强度修正) 热管炉温度为 $T = 811^\circ\text{C}$; 激发波长 λ_{exc} 和 Ar 气压强 P_{Ar} 分别为 (a) 514.5nm, 657Torr; (b) 496.5nm, 74Torr; (c) 476.5nm, 74Torr; (d) 457.9nm, 74Torr

三、实验结果与讨论

图2给出457.9, 476.5, 488.0, 496.5, 514.5nm 激光激发产生的波长为 650—760 nm 的 $\text{LiAr A}^2\Pi \rightarrow \text{X}^2\Sigma$ 漫射发射光谱。从图2中可以看到, 不同的激发波长产生的发射光谱有相似的形状。在低 Ar 气压强下(如 0—5Torr) 可以观察到 Li_2 分子 $\text{B}^1\Pi_u \rightarrow \text{X}^1\Sigma_g^+$ LIF (激光诱导荧光) 发射^[4]。文献[4]给出 Ar^+ 激光激发的 $\text{X} \rightarrow \text{B}$ 跃迁的振转量子数。随着 Ar 气压强的增加 $\text{Li}_2 \text{B} \rightarrow \text{X}$ LIF 发射迅速猝灭, 而 LiAr 650—760nm 的漫射发射光谱发射逐渐增强。图3给出 496.5nm 激光激发时 LiAr 漫射发射光谱强度(690nm 和 710nm 处)随 Ar 气压强的变化。可以看到漫射发射光谱强度在 0—760Torr 内随 Ar 气压强增加而增加。

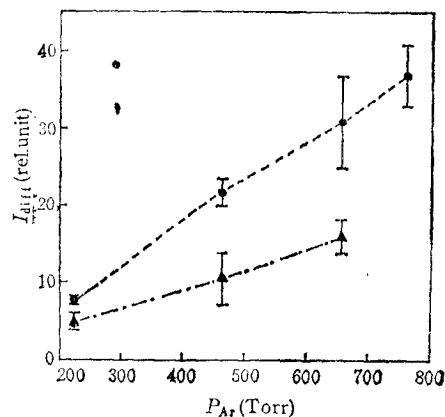
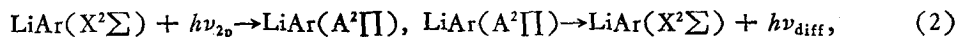
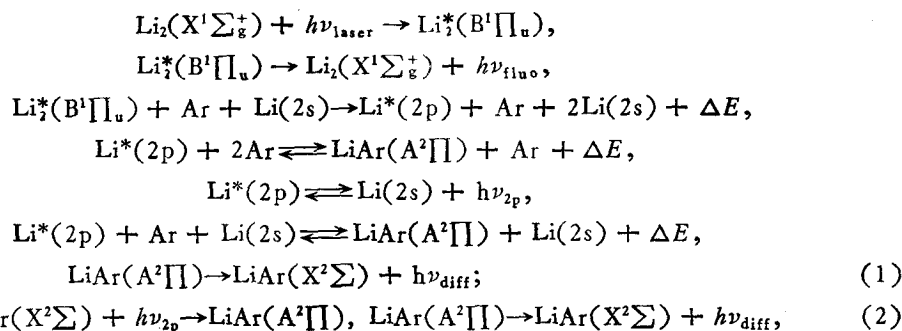


图3 $\text{LiAr A}^2\Pi \rightarrow \text{X}^2\Sigma$ 漫射发射光谱强度随 Ar 气压强 P_{Ar} 的变化(已作强度修正) 热管炉温度为 $T = 811^\circ\text{C}$; 激发波长为 $\lambda_{\text{exc}} = 496.5\text{nm}$; ● 为 690nm; ▲ 为 710 nm

从文献[1]给出的 LiAr 分子的势能曲线, 可以知道基态 $\text{X}^2\Sigma$ 的离化势 $D_e(\text{X}^2\Sigma) < 50\text{cm}^{-1}$ 。上能态 $\text{A}^2\Pi$ 的 $D_e(\text{A}^2\Pi) \approx 760—800\text{cm}^{-1}$ 。当热管温度 $T = 800^\circ\text{C}$ 时,

$kT \approx 746\text{cm}^{-1}$, 远大于 $D_e(X^2\Sigma)$ 而与 $D_e(A^2\Pi)$ 接近. 因此在热管炉中 LiAr 的 $X^2\Sigma$ 态是很不稳定的. 在低 Ar 气压强下, 被 Ar^+ 激光激发的 Li_2 分子在受到碰撞之前就产生 $B \rightarrow X$ LIF 发射. 随着 Ar 气压强的增加, $\text{Li}_2^*(B^1\Pi_u)$ 将离解产生激发态的 $\text{Li}^*(2p)$ 原子, 这种原子再通过三体碰撞产生激发态的 $\text{LiAr}(A^2\Pi)$ 分子进而产生 $650\text{--}760\text{nm}$ 的漫射发射光谱发射. 所涉及的可能的动力学过程如下:



式中 $h\nu_{\text{laser}}, h\nu_{\text{fluor}}, h\nu_{\text{diff}}, h\nu_{2p}$ 分别表示 Ar^+ 激光, $\text{Li}_2 B^1\Pi_u \rightarrow X^1\Sigma_g^+$ LIF 荧光, $\text{LiAr} A^2\Pi \rightarrow X^2\Sigma$ 漫射发射光谱发射, $\text{Li } 2p \rightarrow 2s$ 发射的光子能量. 由于热管中 $\text{LiAr}(X^2\Sigma)$ 分子的不稳定性, 可以假定过程(2)是很次要的.

本文研究表明, 通过 $\text{Li}_2 B^1\Pi_u$ 态的激发以及其后发生的分子、原子碰撞转移可以获得碱金属-惰性气体 Van der Waal's 分子 $\text{LiAr } A^2\Pi \rightarrow X^2\Sigma$ 的漫射发射光谱发射. 再考虑到文献[2]中通过激发 Li_2 分子 $A^1\Sigma_g^+$ 态也获得同样的发射, 可以知道: 激发离解产物为 $\text{Li}^*(2p)$ 的适当的 Li_2 分子态(如 $A^1\Sigma_g^+$, $B^1\Pi_u$) 是获得 $\text{LiAr } A^2\Pi$ 激发态和 $A^2\Pi \rightarrow X^2\Sigma$ 漫射发射光谱发射的有效途径. 这种 LiAr 的激发动力学机制研究对于探讨分子原子间的能量转移和调频激光发射都有一定意义.

马兴孝教授、汪家升讲师参加了部分工作, 在此谨表谢意.

- [1] R. Scheps, Ch. Ottinger, G. York and A. Gallagher, *J. Chem. Phys.*, **63**(1975), 2581.
- [2] Limin Zhang, Xingxiao Ma, *Opt. Commun.*, **83**(1991), 310.
- [3] A. N. Nesmeyanov, *Vapor Pressure of the Chemical Elements*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, (1963), p. 122.
- [4] M. M. Hessel and C. R. Vidal, *J. Chem. Phys.*, **70**(1979), 4439.

$\text{LiAr A}^2\Pi \rightarrow \text{X}^2\Sigma$ DIFFUSE EMISSION EXCITED BY Ar^+ LASER LINES

ZHANG LI-MIN XIA YU-XING¹⁾ ZHANG YUN-SHENG²⁾ GENG YU-ZHEN³⁾

WANG HUI⁴⁾ WEI XUN-BIN

Department of Physics, University of Science and Technology of China, Hefei 230026

(Received 28 April 1991)

ABSTRACT

Excited by Ar^+ laser lines of 457.9, 476.5, 496.5, 514.5nm, the 650—760nm diffuse emission of $\text{A}^2\Pi \rightarrow \text{X}^2\Sigma$ for Van der Waal's molecular LiAr has been observed in a lithium heat-pipe oven with Ar gas. The dynamics of this emission is discussed.

PACC: 3370; 3490; 3380; 3320K

1) *Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Hefei 230031.*

2)3)4) *Laboratory of Structure Research, University of Science and Technology of China, Hefei 230026.*