

Li₂ 紫色新荧光谱带的观察

那叶青* 吕志伟 王 骥 马祖光

(哈尔滨工业大学光电子技术研究所, 150006)

提要: 本文报道了用紫外窄带激光泵浦 Li₂ 蒸气, 对位于紫色区域的两个准连续谱 $2^1\Sigma_u^+ - X^1\Sigma_g^+$ 和 $2^3\Pi_g - x^3\Sigma_u^+$ 跃迁荧光谱的实验观察和分析。

关键词: 锂双原子分子, 荧光谱

Observation of new violet fluorescent bands in lithium dimer

Na Yeqing, Lü Zhiwei, Wang Qi, Ma Zuguang

(Institute of Opto-Electronics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006)

Abstract: This paper reports the experiments and analyses of two quasi-continuous bands of Li₂ ($2^1\Sigma_u^+ - X^1\Sigma_g^+$) and ($2^3\Pi_g - x^3\Sigma_u^+$) fluorescence in lithium vapor by UV narrow band laser pumping.

Key words: lithium dimer, fluorescent band

一、引 言

可连续调谐的短波长激光器件的研究很引人注目, 碱金属双原子分子宽光谱范围的特点是实现这一愿望较理想的介质, 自七十年代后期以来, 人们对二聚物准分子激光系统(包括碱金属双原子分子)的研究投入了很大力量。D. D. Konowalow^[1]和 G. Pichler^[2]等人曾预言锂双原子分子的 $2^1\Sigma_u^+ - X^1\Sigma_g^+$ 跃迁能产生紫色区域的准连续谱。本文报道了用脉冲紫外窄带激光泵浦得到的该跃迁荧光谱, 并对其特性进行了观测和讨论; 同时还用类似的实验装置得到了扩散带 $2^3\Pi_g - x^3\Sigma_u^+$ 跃迁荧光谱。

二、实验装置

图1为实验装置示意图。由准分子激光器 EMG201MSO 激励的脉冲染料激光器 FL2002E, 输出紫外激光(PTP 染料), 耦合进热管炉, 管长 70 cm, 加热区长 30 cm, 泵浦光能量为 1.5 mJ, 在入射光束逆方向上接收荧光信号, 经汇聚及光缆传输, 单色仪(Spex 1870)分光, 光电倍增管(RCA8852)接收, 并经 Boxcar 处理后, 由记录仪(K200)记录。实验中用 He

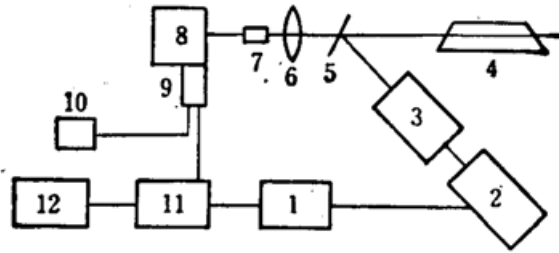


Fig. 1 Schematic of experimental setup

1—laser power supply; 2—excimer laser; 3—dye laser; 4—heat pipe; 5—dichroic mirror; 6—lens; 7—optical fibre; 8—monochromator; 9—PMT; 10—PMT power supply; 11—Boxcar; 12—*x-y* recorder

作为缓冲气体,用镍铬铝合金热电偶测量热管炉外壁温度。

三、实验结果与分析

图 2 是获得的 405~430 nm 激光感生荧光谱,它有不明显的振动结构,其峰值波长大约为 412~415 nm, 418 nm, 421 nm, 424.8 nm, 428.3 nm。这种谱结构说明该跃迁来自束缚-束缚跃迁,且振动间隔很小,具有准连续特性。从光子能量看,落在这一谱区的除 $2^1\Sigma_u^+ \rightarrow X^1\Sigma_g^+$ 跃迁外还有扩散带,但它由于下能级的排斥特性而没有明显的振动结构,见图 6。因此,若只考虑单态间的跃迁,则介于 *B-X* 带和 *O-X* 带之间的辐射只可能是 $2^1\Sigma_u^+ - X^1\Sigma_g^+$ 跃迁,跃迁过程如图 3 所示。泵浦光可将处于 $X^1\Sigma_g^+$ 态的分子激发至 $2^1\Sigma_u^+$ 态,然后产生从 $2^1\Sigma_u^+$ 电子态的第二极小势能处到基态 $X^1\Sigma_g^+$ 较高振动态(近解离态处)的束缚-弱束缚跃迁。理论计算的 $2^1\Sigma_u^+ - X^1\Sigma_g^+$ 跃迁荧光谱也表明与图 2 的实验结果相符合。图 4 是 412 nm 波长处荧光强度随泵浦波长的变化,最佳泵浦波长为 340.3 nm。

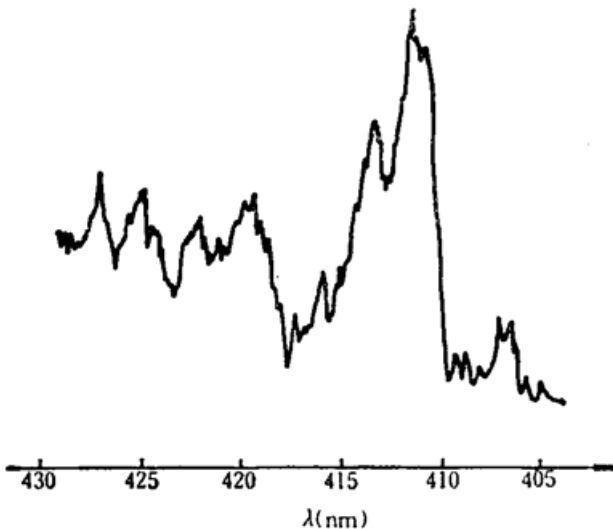


Fig. 2 Fluorescent spectrum of the $2^1\Sigma_u^+ - X^1\Sigma_g^+$ transition.
 $T=1000^\circ\text{C}$, $P_{\text{He}}=30\text{Torr}$, $\lambda_{\text{pump}}=340.27\text{nm}$

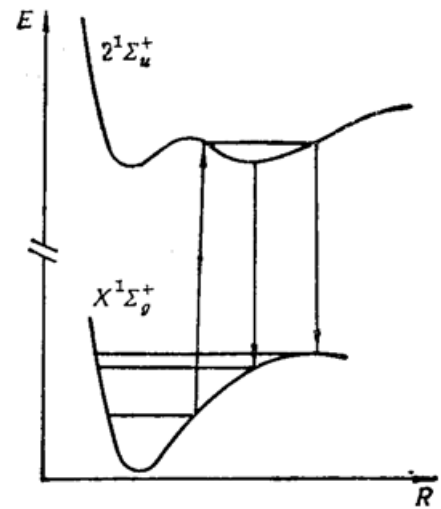


Fig. 3 Scheme of the $2^1\Sigma_u^+ - X^1\Sigma_g^+$ transition

图 5 为该感生荧光谱的温度变化特性。改变加热温度,荧光谱强度的变化呈现一极值,最佳温度位于 1050°C 。实验中发现不同温度下各峰的相对强度发生变化,这一方面可能是由于温度增加时基态振动能级上粒子数密度分布发生变化造成的,另一方面也可能由于长波长处由于扩散带和 *B-X* 带的边缘在温度提高时吸收增强所致。在用紫外窄带激光激励 Li₂ 时,蒸气中存在如下动力学过程: (1) $\text{Li}_2(X^1\Sigma_g^+) + h\nu(\text{UV}) \rightarrow \text{Li}_2(2^1\Sigma_u^+)$; (2) $\text{Li}_2(2^1\Sigma_u^+) \rightarrow$

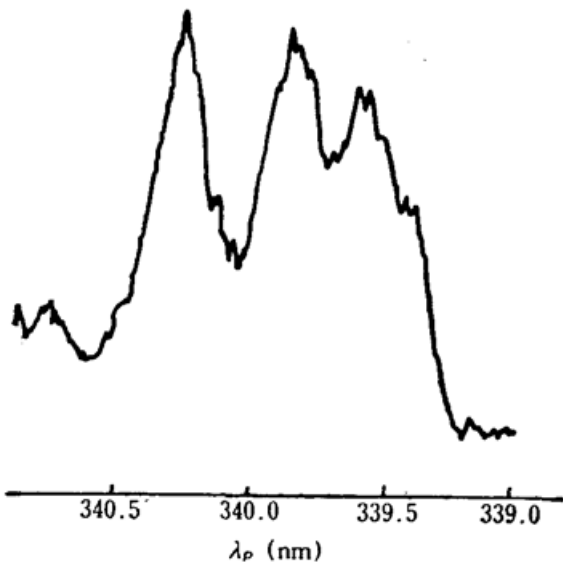


Fig. 4 Excitation function of the spectrum at 412 nm

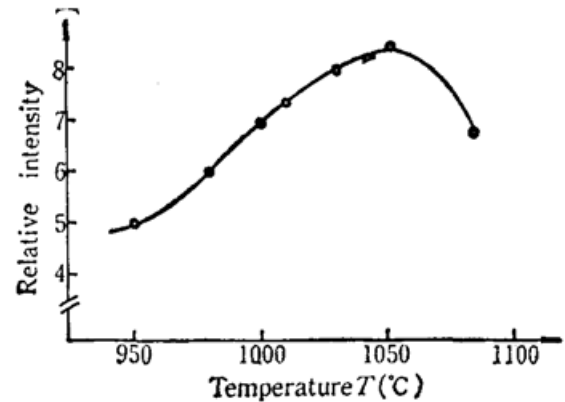
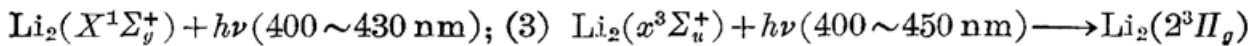


Fig. 5 Dependence of the fluorescent intensity on the temperature



当温度较低时,一方面分子密度较低,另一方面 $X^1\Sigma_g^+$ 态高振动态的粒子数很少,所以过程(1)很弱。随着温度的升高,饱和蒸气压加大,总的分子数密度也加大,另外,由玻尔兹曼分布决定的较高振动态的粒子数密度将增加,过程(1)加强,结果是荧光强度随温度的增加而增加。而当温度上升超过 1050°C 时,扩散带的吸收(过程(3))将增加很快,它与原子密度的平方成正比,超过了过程(1)的增长,从而导致荧光强度下降。

四、扩散带的观察

用图 1 类似的实验装置观察到了紫色扩散带 $2^3\Pi_g - x^3\Sigma_u^+$ 跃迁荧光谱,如图 6 所示,同时

出现的还有 $B-X$ 带跃迁。泵浦波长为 340 nm , 扩散带的峰值在 455 nm , 宽度约为 10 nm , 与 H. H. Wu^[3]等人观察到的扩散带有很大的不同,后者是双光子共振泵浦锂原子 $4s$ 态,得到扩散带宽度 40 nm , 没有明显的峰值。本文中用紫外窄带激励, $2^3\Pi_g$ 态获得粒子有两个可能途径:从 [1] 给出的势能曲线可知 $O^1\Pi_u$ 与 $2^3\Pi_g$ 态有两个交叉点,可以通过扰动使粒子在 $2^3\Pi_g$ 态上集聚。第二条途径是高态的原子复合而使三重态得到粒子。在 Li_2 中对扩散带的研究不如在 Na_2 , K_2 中多,这个谱带特性的观察对 Li_2 分子光谱特性研究是有意义的。

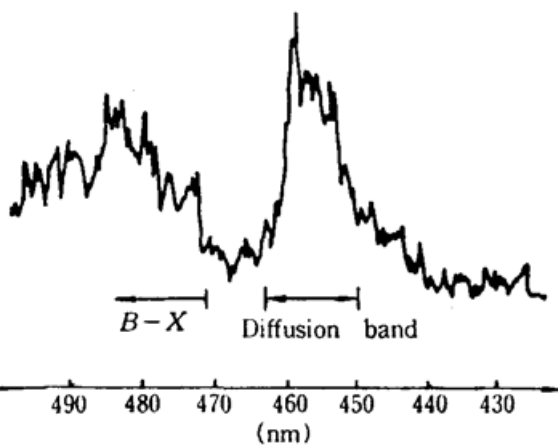


Fig. 6 Diffusion band spectrum of Li_2 , $T=1000^\circ\text{C}$, $P_{\text{He}}=30 \text{ Torr}$, $\lambda_{\text{pump}}=340 \text{ nm}$

参 考 文 献

1. D. D. Konowalow *et al.*, *Chem. Phys.*, **84**, 463 (1984)
2. Goran and Pichler, *Chem. Phys. Lett.*, **105**, 352 (1984)
3. H. H. Wu, *Appl. Phys.* **B43**, 266 (1987)