

借助碰撞的两步激发 $\text{Li}_2\text{-Li}$ 系统产生红外受激辐射

李永放 李祥生 郇宣贤 傅克德

(陕西师范大学物理系)

Generation of IR stimulated emission from $\text{Li}_2\text{-Li}$ system by collision assisted two-step excitation

Li Yongfang, Li Xiangsheng, Huan Yixian, Fu Kede

(Department of Physics, Shanxi Normal University, Xi'an)

提要: 本文报道了在 Li 蒸气中通过等频两步混合共振激发, 获得了一系列红外受激辐射, 文中对其机理进行了讨论。

关键词: Li 蒸气, 混合共振激发

一、引言

利用光泵在原子和分子中产生受激辐射早已为人们所利用。利用窄带连续激光泵浦分子在可见和近红外波段已实现了近百条受激辐射谱线^(1~3)。为了在原子中的高能态实现粒子分布, 如以单光子激发, 则需要紫外光源, 这无疑是困难的。而利用双光子、多光子以及结合碰撞过程来实现高能态粒子布居, 从而产生受激辐射, 近年来已为人们所采用^(4,5)。

本文首次报道了以氮分子激光器泵浦染料激光器作为泵浦源, 实现了等频两步混合共振激发 $\text{Li}_2\text{-Li}$ 系统, 获得了一些红外受激辐射。

二、实验与结果

实验装置示于图 1。氮分子激光器泵浦

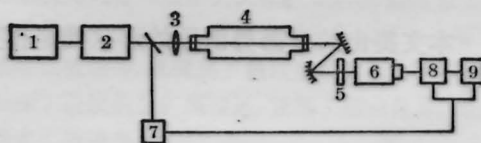


图 1. 实验装置

- 1— N_2 激光器; 2—染料激光器; 3—透镜;
- 4—热管炉; 5—滤光片; 6—单色仪; 7—触发器;
- 8—信号处理系统; 9—示波器

的染料激光器输出能量约为 $3\mu\text{J}$ 。输出线宽约为 0.05 nm , 染料激光器所输出激光束经透镜聚焦于热管炉中心, 热管炉长为 70 cm , 加热区约为 25 cm 。入射和出射窗分别为 K_9 玻璃和石英片。由热管炉射出的红外信号用平面和凹面反射镜聚焦于单色仪的狭缝上, 经 PbS 探测器接收和积分处理后由示波器显示, 或由记录仪记录。经测定, 受激辐射信号发散角约为 8 mrad 。与泵浦光发散角大致相同。

利用光子 (497.3 nm 或 460.3 nm) 激发

收稿日期: 1988年2月2日。

锂分子,从基态($X^1\Sigma_g^+$)激发到 $A^1\Sigma_u^+$ 或 $B^1\Pi_u$ 态。被激发的锂分子通过与锂原子相互碰撞将能量转移给锂原子,使其激发到 $2P^2P_{1/2,3/2}^0$ 态。与激光光子频率相同的光子,再将锂原子从 $2P^2P_{1/2,3/2}$ 态激发到 $4s$ 或 $4d$ 态。这样我们探测到了由 $4d$ 、 $4f$ 、 $4s$ 和 $3P$ 态为上能级的红外受激辐射。如表1所列。

表1 光泵Li蒸气受激辐射数据

泵浦跃迁波长 (nm)	受激辐射波长 (μm)	备注
$X^1\Sigma_g^+$ $+h\nu$ (497.2 nm) 460.3 nm) 吸收 $\rightarrow A^1\Sigma_u^+$ ($B^1\Pi_u$) 碰撞转移 $\rightarrow 2P^2P_{1/2,3/2}^0$ $2P^2P_{1/2,3/2}^0$ $+h\nu$ (497.2 nm) 460.3 nm) $\rightarrow 4S^2S_{1/2}$ ($4d^2D$)	$4d^2D_{3,2,5/2}$ $\rightarrow 3P^2P_{1/2,3/2}^0$ (s) 1.755	$T > 640^\circ\text{C}$
	$3P^2P_{1/2,3/2}^0$ $\rightarrow 3S^2S_{1/2}$ (w) 2.68	串级受激辐射 ($4d-3p-3s$)
	$4f^2F_{5,27/2}$ $\rightarrow 3d^2D_{3,2,5/2}$ (s) 1.87	碰撞感应 ($4d-4f$)
$4S^2S_{1/2}$ ($4d^2D$) $+h\nu$ (497.2 nm) 460.3 nm) $\rightarrow 4S^2S_{1/2}$ ($4d^2D$)	$4S^2S_{1/2}$ $\rightarrow 3P^2P_{1/2,3/2}^0$ (s) 2.44	
	$3P^2P_{1/2,3/2}^0$ $\rightarrow 3S^2S_{1/2}$ (w) 2.68	串级受激辐射 ($4s-3p-3s$)

注 S-强 W-弱

三、等频两步混合共振激发机理

激发机理由图2所示。在本实验中所揭示的等频两步混合共振激发 $\text{Li}_2\text{-Li}$ 系统,在Li原子中产生红外受激辐射的机理,可由下列实验结果分析所证实。

(1) 根据文献[6, 7]报道,泵浦光497.3 nm和460.3 nm所对应波数分别为 20112 cm^{-1} 和 20109 cm^{-1} ,它远大于 $2P^2P_{1/2,3/2}^0$ 态的能量 14903 cm^{-1} ,且泵浦光子能量也远远大于双光子激发Li原子到 $4s$ 、 $4d$ 态的能量(18311.6 cm^{-1} 、 17507 cm^{-1})。根据文献[6, 8]报道,泵浦波长位于 $A^1\Sigma_u^+$ 和 $B^1\Pi_u$ 态的强吸收区。因此其激发和辐射机理可以表示为如下形式:

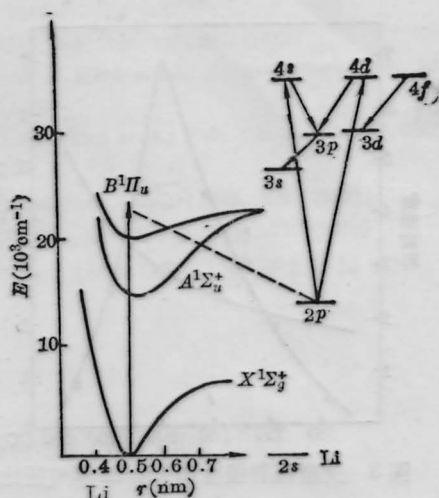
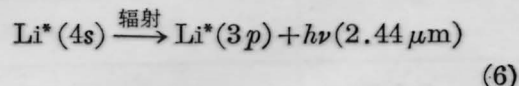
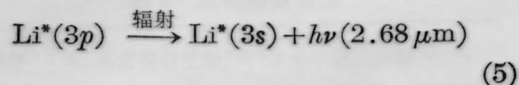
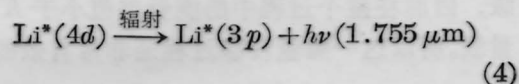
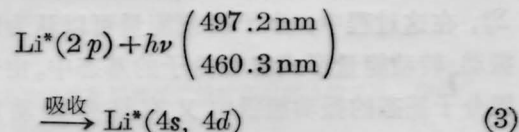
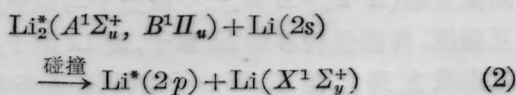
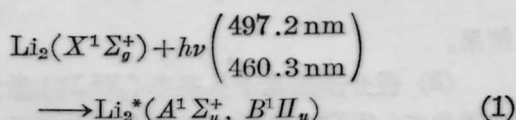


图2 受激 $\text{Li}_2\text{-Li}$ 系统两步混合共振机理



(2) 图3示出由等频两步混合共振激发锂原子到固态而产生的受激辐射 $1.755\mu\text{m}$ ($4d-3p$)强度随温度的变化曲线以及对应于温度的 Li_2/Li 蒸气压比变化曲线。由图3可以看到,当 $640^\circ\text{C} < T < 800^\circ\text{C}$ 时,随着温度的增加,信号强度增大,而 Li_2 浓度增加较缓慢。而当温度大于 800°C 时, Li_2 浓度急剧增加,信号强度很快变小。这主要是由于 Li_2 浓度急剧增加,使大部分泵浦光被吸收,使得第二步激发光子数减少等原因所造成之

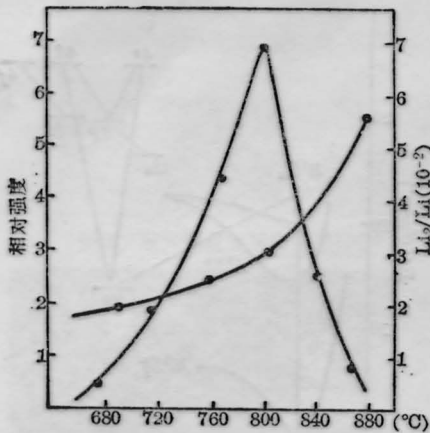


图3 受激辐射强度和 Li_2/Li 蒸气压比与温度的关系

●—信号, ○— Li_2/Li

结果。

(3) 锂分子由光子从基态 ($X^1\Sigma_g^+$) 激发到激发态 ($A^1\Sigma_u^+$, $B^1\Pi_u$)。受激分子与原子相互碰撞, 将能量转移给 Li 原子, 使 Li 原子从基态激发到上能态, 而分子返回到基态 $X^1\Sigma_g^+$, 在这过程中, 分子所剩能量可以认为以振动、转动能量形式留在分子的基态中。由于锂分子基态的振动能级中又有许多转动能级, 因而在整个过程中的能量差值小于 KT 量级。所以这一能量转移过程是非常有效的。

四、结束语

综上所述, 当使用输出能量很小的激光作为泵浦源, 通过等频混合共振机理, 在 Li 蒸气中获得了许多红外受激辐射和串级受激辐射, 提供了分子和原子的有关信息。它对受激辐射的获得和分子与原子相互作用的研究都是很有意义的。

参考文献

1. B. Wellegehausen, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-15**, 1108 (1979)
2. C. N. Man-Pichot, A. Brillet, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-16**, 1103 (1980)
3. W. Luhas *et al.*, *Opt. Commun.*, **48**, 265 (1983)
4. 王祖庚 *et al.*, *光学学报*, **6** (12), 1063 (1986)
5. 秦莉娟, 王祖庚 *et al.*, *光学学报*, **6** (1), 13 (1986)
6. K.P. Huber and G. Herzber, *Constants of Diatomic Molecules*, (Van Nostrand Reinhold Company, 1979)
7. Bashkin J. Q. and Stoner Jr, *Atomic Energy-level and Grotrian Diagrams*, **1** (North-Holland, Amsterdam, 1978)
8. B. Rosen, *TABLES; De Constantes Et Données Numériques*, No. 5, PARIS (Union International De Chimie), 1952
9. A. N Nesmeyanov, *Vapor Pressure of the Chemical Elements*, (Akad. nauk SSSR, Moscow, 1961)