

铥原子激发态自然辐射寿命的测量

王成飞 蒋占魁

(吉林大学物理系)

周大凡 梁秀清

(中国科学院长春应化所)

Measurement of natural radiative lifetime of excited levels of Tm atoms

Wang Chengfei, Jiang Zhankui

(Department of Physics, Jilin University, Changchun)

Zhou Dafan, Liang Xiuqing

(Changchun Institute of Applied Chemistry, Academia Sinica, Changchun)

Abstract: The natural radiative lifetime of some low-lying excited levels have been determined from measurements of time-resolved laser induced fluorescence in atomic beam. The levels were selectively populated by the light of a pulsed tunable dye laser pumped by an excimer laser or a Nd:YAG laser.

一、引言

稀土元素铥(Tm)的基组态是 $4f^{13}6s^2$, 其 f 壳层未充满。s 电子及 f 电子都有可能被激发, 产生复杂的光谱性质。目前, 有关 Tm 的能位的测量已做至高激发态^[1], 而寿命的测量还只限于低激发态。早在 1969 年, Handrich^[2] 等人就采用能级交叉的方法测量了 Tm 的一些低激发态的寿命。三年后, Wallenstein^[3] 对 Handrich 的实验进行了改进, 用同一方法重复了上面的测量。同时, P. Camus^[4] 及 Wallenstein 都对这些能级的寿命进行了理论计算。然而, 文献[2,3]对寿命的测量是基于 Hanle 效应, 通过对共振荧光线型的线宽来确定寿命值。我们在这篇文章里首次报告了对 Tm 的几个低激发态采用直接监测荧光衰减波形而获得的能级寿命值。

二、实验装置

如图 1 所示, 对不同的波段, 采用不同的激光系统作为激发源。即对波长小于 530 nm 波段采用准分子激光器泵浦的可调谐染料激光器(DL-19 型, 脉冲重复率在 0~100 Hz 可调, 脉冲宽度小于 15 ns); 对波长大于 530 nm 的波段采用 Nd:YAG 激光器泵浦的可调谐染料激光器(PDL-1 型, 脉冲重复率

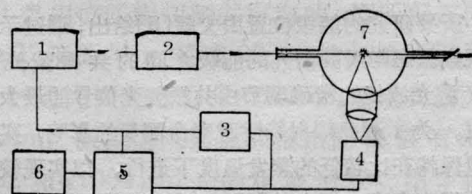


图 1 实验装置图

1—Nd:YAG 激光器或准分子激光器; 2—染料激光器;
3—示波器; 4—光电倍增管; 5—Boxcar 积分器;
6—记录仪; 7—原子束装置

10Hz, 脉冲宽度小于 7ns)。原子束装置由高真空系统、加热坩埚及激光与原子束作用室组成, 真空室的真空度为 5×10^{-6} Torr。加热炉由双线对绕电阻丝加热, 温度可自动控制, 装有金属铥的坩埚置于加热炉中, 其温度一般控制在 750°C 。产生的原子蒸气经一系列准直孔后, 形成低准直比的原子束。在作用室中同激光束交叉。为了消除激光杂散光对寿命测量的影响, 在激光入口及出口处装有长臂及一系列光阑。荧光经双透镜在垂直于激光及原子束方向收集并由快速响应的光电倍增管接收, 电信号送至扫描工作状态的 Boxcar 积分器处理, 由记录仪绘出荧光衰减波形。

表1 铯原子激发态寿命

波长(nm)	能态 (cm ⁻¹)	J	寿命值 (ns)				
			本文结果	实验值 ^[2]	理论值 ^[4]	理论值 ^[3]	实验值 ^[3]
589.56	16957.0	7/2	1265(60)	820(80)	16500	2300	1400(400)
567.58	17613.7	9/2	669(27)	580(50)	450	790	760(70)
563.14	17752.6	5/2	648(26)	650(60)	490	760	760(70)
459.90	21737.7	9/2	1682(50)		440	1500	1700(500)
438.64	22791.2	7/2	281(12)	250(20)	100	180	250(20)

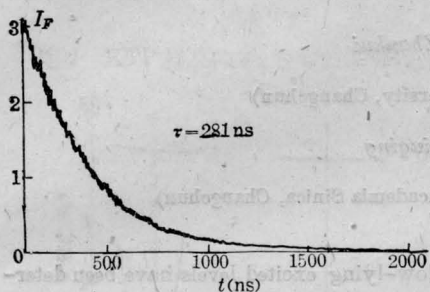


图2 能级 22791.2cm⁻¹的典型荧光衰减曲线。
I_F—荧光强度(任意单位)

三、测量与结果

所要研究的能级位置由文献[5]给出,通过示波器观察基态与所要研究的能级之间的共振荧光信号。激光波长的精确调节由共振荧光信号的最大值确定。为了避免辐射陷阱对寿命测量的影响,实验尽量保持在比较低的蒸发温度下进行,以实现较低的原子束密度。据文献[6],温度低于850°C时,辐射陷阱的影响可以忽略,我们的蒸发温度保持在750°C。

图2给出能级 22791.2cm⁻¹的荧光衰减曲线。我们得到的所有曲线都很好符合 e 指数关系。每个态都进行了多次测量,我们给出的寿命值是多次测量的平均值。表1列出了在室温下测得的几个Tm的激发能级的自然辐射寿命值。同时也列出了其它人用能级交叉方法测得的寿命值及理论计算值。考虑测量的统计误差及系统误差,我们给出的

寿命值的误差小于5%。其中统计误差小于3%,是三次以上测量而得到的。系统误差约为2%,其中主要是Boxcar积分器的时基准确度引起的。

四、讨论

从表1中可以看出,文献[2,3]给出的用能级交叉方法测得的寿命值的误差都比较大,最大达29%,最小也有8%。我们给出的误差一般不超过5%。在测量误差范围内,除了能级 17752.6cm⁻¹外,我们的结果同Wallenstein的实验结果符合得很好。而文献[4]给出的理论结果无论同我们的实验值还是同文献[2,3]给出的结果相比,差别都比较大,特别是能级 16957.0cm⁻¹和 21737.7cm⁻¹的寿命值有数量级的差别。因此,对这些能级寿命更深入的理论计算是十分必要的。

参 考 文 献

- 1 Vidolova-Angelova E et al. *J. Phys. B*, 1984; **17** (5): 953
- 2 Handrich E et al. *J. Phys.*, 1969; **30**: Suppl. 1
- 3 Wallenstein R. *Z. Phys.*, 1972; **251**(1): 57
- 4 Camus P. *J. Phys.*, 1970; **31**(11~12): 985
- 5 Martin W C et al. *Atomic Energy Levels the Rare-Earth Elements NSRVS-NBS 60* (Washington, DC: US Govt Printing Office, 1978), 342
- 6 Blagoev K B et al. *Opt. Spectrosc.*, 1978; **44**(2): 130

(收稿日期:1987年5月4日)