

空心阴极灯中原子跃迁几率的相对测量

熊夏幸 景春阳 林福成

(中国科学院上海光机所, 201800)

Atomic transition probability measurement in HCD

Xiong Xiaxing, Jin Chunyang, Lin Fucheng

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

Abstract: Though the absorption method for measuring transition probability is an effective one, it is insensitive because of lower absorptivity. Here we introduce a new absorption method by using modulated HCD with higher sensitivity, and with this method we measured the relative transition probabilities of the six transitions from the ground state of uranium 238 to the excited states including the 16900cm^{-1} , 17361cm^{-1} levels.

Key words: transition probability, absorption method, hollow cathode discharge, uranium

一、原 理

原子跃迁几率的测量是一个重要的光谱学课题。在众多的测量方法中,吸收法最为简单、直接。但由于一般吸收率较小,因此灵敏度很低。为此我们采用调制放电的铀空心阴极灯(UHCD),在获得金属铀蒸气的同时,也获得了原子密度的调制。从而通过锁相放大器的测量,提高了信噪比和灵敏度,其原理如下:

当单色光频率 ω_1 同介质跃迁中心频率 ω_0 一致时, ω_1 通过吸收介质后的光吸收量 dI 有^[1]

$$dI(\omega_1 = \omega_0) = aNgA\omega_0^{-3}I(\omega_1) \quad (1)$$

其中 a 为一常数,只同吸收池长度等因素有关, N 为下能级粒子数密度, gA 为跃迁几率, $I(\omega_1)$ 为入射光强。

由于放电调制引起粒子数 N 的调制,因此对于基态到激发态不同的跃迁 i 而言,锁相输出的光吸收信号 S_i 和入射光强 I_i 的关系为

$$S_i \propto g_i A_i I_i \quad \text{或} \quad g_i A_i \propto S_i / I_i \quad (2)$$

二、实 验

实验装置如图 1 所示,其中激光器为 Ar^+ 激光泵浦的 380 D 型环形染料激光器,其单模输出功率为 100 mW,线宽小于 1 MHz,激光输出后通过 UHCD 灯,并由光电二极管 PD 接收后输入锁相。UHCD 灯呈槽形,阴极长度为 15 cm,空心阴极灯放电电流如图 2 所示:周期

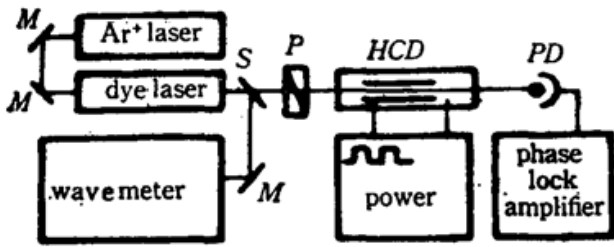


Fig. 1 Experimental set-up

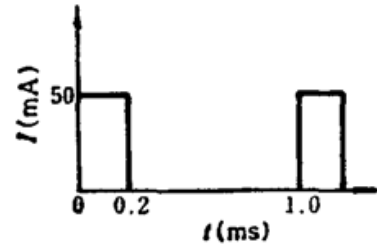


Fig. 2 Current wave-form of HCD

为 1 ms, 占空比 1:4, 峰值电流为 50 mA。实验中排除了各种饱和现象。

三、结果和讨论

实验测得的结果如表 1 所示。表中 S_i 的读数误差约 10%, 即 $g_i A_i$ 的测量误差约 10%, 这一误差主要来源于空心阴极灯脉冲放电的不稳定性。

Table 1

| | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| upper level (cm^{-1}) | 16505 | 16900 | 16930 | 17361 | 17369 | 17070 |
| transition wavelength (nm) | 605.6 | 591.5 | 590.5 | 575.7 | 575.9 | 585.6 |
| absorptivity S_i/I_i (arb. unit) | 0.22 | 3.2 | 0.040 | 0.31 | 0.034 | 0.083 |
| relative transition probability $g_i A_i$ (arb. unit) | 0.22 | 3.5 | 0.044 | 0.37 | 0.040 | 0.94 |
| data in [2] $g_i A_i \times 10^{-5}$ | 0.23 | 3.5 | | 0.38 | | |

表 1 说明, 这一方法测得结果不仅与文献 [2] 给出的值在误差范围内吻合 (表中令 591.5 nm 的跃迁几率 $g_i A_i$ 等于 [2] 中给出的值), 而且还测得了相对较弱的其它三个跃迁的相对跃迁几率值, 这说明上述方法不仅简单可行, 且具有较高的灵敏度。

参 考 文 献

- 1 W. Demtröder, in Laser Spectroscopy, Springer Serier in Chemical Physics Vol. 5, Spring-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1981, 35
- 2 C. H. Corliss et al., J. Res. Nat. Bur. Stand., 80A(1), 5(1976)