

## 应用激光激发的荧光法研究镍原子的重迭谱线

王松岳 金巨广 孙孝忠 王秀兰

(中国科学院长春应化所)

**提要:** 应用空心阴极灯激光激发荧光法, 间接分辨开镍原子高激发态  $f^3D_2$  和  $f^1D_2$  产生的 611.6178 nm 和 611.6179 nm 重迭谱线, 并测得其线宽分别为 2.1 GHz 和 2.6 GHz。

## Investigation on superposed lines of nickel atoms by means of laser-excited fluorescence spectrometry

Wang Songyue, Jin Juguang, Sun Xiaozhong, Wang Xiulan

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

**Abstract:** The superposed lines of 611.6178 nm and 611.6179 nm from highlyexcited states  $f^3D_2$  and  $f^1D_2$  of nickel atoms have been resolved indirectly by means of laser-excited fluorescence spectrometry using a hollow cathode lamp. The linewidths were measured to be 2.1 GHz and 2.6 GHz respectively.

## 一、引言

波长差很小的两条谱线可能是两个互相靠得很近的上能级跃迁产生的精细结构, 也可能是两个间隔距离很大的高激发跃迁产生的非精细结构光谱。镍原子的 611.618 nm 谱线(见图 1) 就是两个能级间隔距离很大的高激发态  $f^3D_2$  和  $f^1D_2$  分别跃迁到低激发态  $z^1P_1^0$  和  $y^3D_1^0$ , 产生波长 611.6178 和 611.6179 nm 两条谱线重迭的结果。这两谱线波长差小于多普勒宽度, 一般的光谱技术无法分辨它们。用原子束光谱技术压窄线宽, 原则上有可能分辨。但在蒸发温度条件

下, 原子束中的粒子按玻尔兹曼分布, 绝大部分处于基态, 而镍原子基态  $a^3F_4$  与激发态  $z^1P_1^0$  或  $y^3D_1^0$  之间的跃迁是禁戒的, 所以原子束光谱法不适于研究镍原子的  $z^1P_1^0 \rightarrow f^3D_2$  和  $y^3D_1^0 \rightarrow f^1D_2$  光学跃迁。用空心阴极灯取代原子束装置恰能解决这个问题。因为在空心阴极放电时,  $z^1P_1^0$  和  $y^3D_1^0$  态上有一定数量粒子集居。根据其跃迁上能级间隔距离很大、跃迁波长差很小的原子, 在吸收满足共振跃迁的激光后, 可能产生波长差很大的非共振荧光线的特点<sup>[2]</sup>, 我们应用空心阴极灯激光激发荧光法, 通过探测到分别属于  $z^3D_2^0 \rightarrow f^3D_2$  和  $z^1D_2^0 \rightarrow f^1D_2$  跃迁的 514.2779 nm

收稿日期: 1985 年 12 月 2 日。

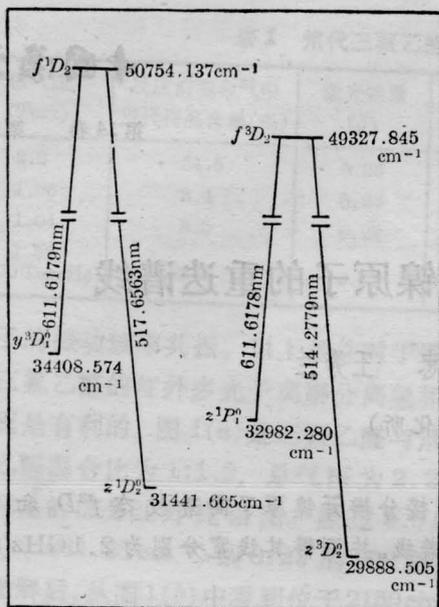


图1 激光激发镍原子跃迁和有关能级图  
(数据引自[1])

和517.6563nm 荧光线, 间接把镍原子两条淹没在多普勒宽度内的611.6178nm、611.6179nm 谱线分辨开。

## 二、实验与讨论

实验装置示于图2。实验用362型氩离子激光器泵浦的HRJ801型若丹明6G环形染料激光器作激发源, 该染料激光器在611.618nm附近的单线输出功率约130mW, 线宽约20MHz。采用市售Ne-Ni空心阴极灯作蒸气源, 放电电流20mA。激光激发波长与待研究谱线的共振情况, 先用GDM-1000型双光栅单色仪粗测, 然后由光电流效应确定。荧光信号用同一单色仪检测。

为了激发镍原子 $z^1P_1^0 \rightarrow f^3D_2$ 和 $y^3D_1^0 \rightarrow f^1D_2$ 跃迁, 把染料激光调谐到611.618nm, 在30GHz光谱范围内进行波长精细扫描。测得的514.2779nm和517.6563nm 荧光信号示于图3(a)和(b)。这两条荧光线的轮廓和宽度是激光在上述两种跃迁的线宽范围内精细扫描形成的, 因而可把荧光线看作待

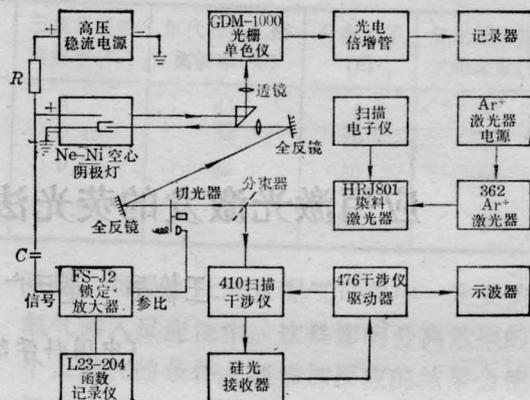


图2 激光激发荧光法及探测光电  
流效应实验示意图

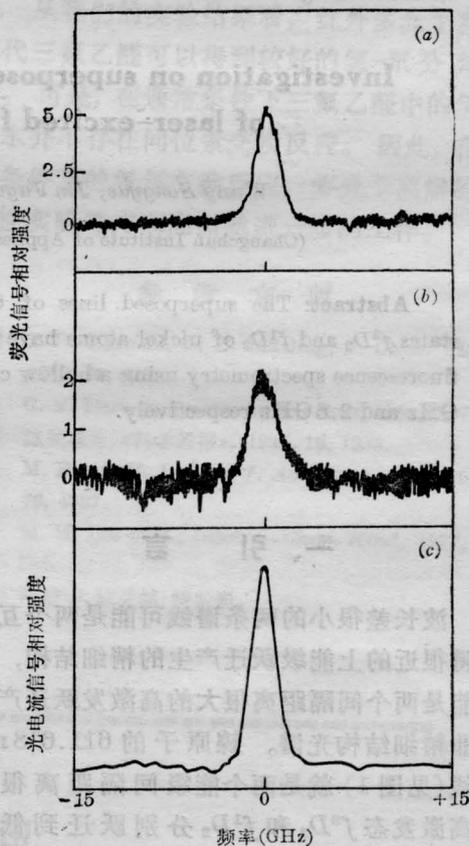


图3 激光在611.618nm附近进行30GHz扫描时测得的镍原子514.2779nm(a)和517.6563nm(b)的荧光信号与光电流信号(c)

(a)  $z^1P_1^0 \rightarrow f^3D_2$ ; (b)  $y^3D_1^0 \rightarrow f^1D_2$ ;  
(c)  $z^1P_1^0 \rightarrow f^3D_2$ ,  $y^3D_1^0 \rightarrow f^1D_2$

研究谱线。以 30 GHz 光谱范围作标尺, 对获得的数据求平均, 测得 611.6178 nm 和 611.6179 nm 的线宽分别为 2.1 GHz 和 2.6 GHz。

实验测得的荧光是正信号, 表明激光入射引起发射谱线增强。强度

$$I = I_0 + \Delta I = CN_n A_{nm} h\nu_{nm} \quad (1)$$

式中  $I_0$  是激光入射前的发射强度,  $\Delta I$  是荧光强度,  $C$  为比例系数, 其余为大家熟知的符号。用卤钨带灯对光谱仪进行光谱响应校正后, 测得 514.2779 nm 和 517.6563 nm 谱线的  $I_0$  及  $\Delta I$  的相对值, 代入(1)式, 就可算出激光入射前后  $f^3D_2$  和  $f^1D_2$  态粒子集居数之比分别为 203:128 和  $(203+27b):(128+16b)$ 。实验中取  $b < 1$ 。由此看出, 两种情况下  $f^3D_2$  态的粒子数都较大。计算中,  $A_{nm}$  值取自[3]。在  $z^1P_1^0 \rightarrow f^3D_2$  跃迁中, 只有一个电子的量子数发生改变 ( $3d^3(a^2D)4P \rightarrow 3d^3(a^3D)4d$ )<sup>[4]</sup>, 而在  $y^3D_1^1 \rightarrow f^1D_2$  跃迁中, 有两个电子同时改变量子数 ( $3d^34s(a^2F)4P \rightarrow$

$3d^3(a^2D)4d$ ), 按偶极辐射特殊的选择规则, 前者的自发发射几率大于后者<sup>[4]</sup>。由此可推断: 在激光入射前后, 611.6178 nm 发射谱线都比 611.6179 nm 强。

实验测得 611.618 nm 的光电流光谱示于图 3(c), 可看出上述两谱线完全淹没于多普勒宽度中。

在进行光谱响应校正时得到中国科学院长春光机所金锡峰高级工程师的帮助, 特表谢意。

### 参 考 文 献

- [1] C. E. Moore; "Atomic energy levels", Vol. 2, Circular of the National Bureau of Standards, 1952, 467.
- [2] 王松岳等;《中国激光》, 1985, 12, No. 8, 478.
- [3] Charles H. Corliss, William R. Bozman; "Experimental Transition Probabilities for Spectral Lines of Seventy Elements", National Bureau of Standards Monograph, 53, 1962, 265.
- [4] G. Herzberg; "Atomic spectra and atomic structure", Dover Publications, New York, 1944, 153.

## 千瓦级 CO<sub>2</sub> 激光器气体循环再生装置

北京机电研究院和北京工业大学制成以净化气体为主, 兼有其他功能的千瓦级 CO<sub>2</sub> 激光器气体循环再生装置。在工作气体流量为 4 升/秒的情况下,

将辉光放电生成的 CO 完全转变为 CO<sub>2</sub>, 将 NO<sub>x</sub> 减少 30% 以上。

(北京工业大学五系 东继光 王喜兵 王道)

## He-Ne 激光治愈龟头白斑合并溃疡

某患者龟头溃疡经久不愈, 中国人民解放军 205 医院采用 He-Ne 激光治疗。每次照 15 分钟, 每日一次, 治疗三次后局部痒痛减轻, 治疗 12 次溃疡

全部愈合。

(中国人民解放军第 205 医院

方起鹏 白富章)