

# 钾原子的共振三光子电离

汤 晓 张祖仁 李兆霖 冯宝华

(中国科学院物理研究所)

**提要:** 本文着重报导了共振三光子电离的实验。测量了电离讯号与光强的关系, 获得了预期的电离饱和效应, 以及确定了每个光脉冲的原子数目为  $6 \times 10^8$  个原子。

## The three-photon resonance ionization of atomic potassium

Tang Xiao Zhang Zuren Li Zhaolin Feng Baohua

(Institute of Physics, Academia Sinica)

**Abstract:** The experiment of the three-photon resonance ionization for detection of atomic potassium is described. The dependence of photo-ionization signal on light intensity was measured. The expected saturation effect of ionization was obtained and the number of atoms detected with each light pulse was determined as  $6 \times 10^8$ .

所谓共振三光子电离是指两光子激发到某激发态后第三个光子使之电离的过程。1978年 P. Agostini 等人对 Na 原子的共振三光子电离的饱和效应进行了理论分析和实验研究。1978年 Bjorkland 等人用共振三光子电离方法检测了 H 和 D 原子。

我们使用了一台染料激光器对 K 原子进行了共振三光子电离的实验, 测量了电离讯号与光强的关系, 测得了预期的饱和效应并从而定出了原子密度。

实验装置如图 1 所示。染料激光脉冲宽度 2 微秒, 波长调谐在  $5750\text{\AA}$  附近, 调谐精度  $0.1\text{\AA}$ , 线宽约  $0.4\text{\AA}$ 。用三棱镜光谱仪监视波长的绝对值, F-P 标准具监视波长的微小变化情况。

样品盛在简易准原子束管的底部, 该管的上方为一个斯塔克电离池, 整个系统抽成

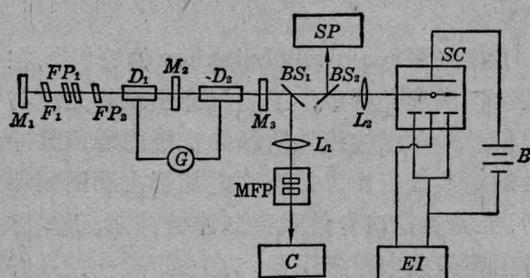


图 1 实验装置示意图

$M_1$ —全反镜;  $M_2$ —耦合镜;  $M_3$ —输出镜;  $D_1$ 、 $D_2$ —染料池;  $F_1$ —窄带滤光片;  $FP_1$ 、 $FP_2$ —法布里-珀罗标准具;  $G$ —火花隙;  $BS_1$ 、 $BS_2$ —分束器;  $L_1$ 、 $L_2$ —透镜;  $MFP$ —测量标准具;  $C$ —照相机;  $SP$ —三棱镜光谱仪;  $SC$ —原子束池;  $EI$ —静电计;  $B$ —电池

$10^{-6}$  托真空, 其结构见图 2。当炉子加热后, 样品向上蒸发, 通过出口处挡板上的长方孔, 进入两块斯塔克电极板之间, 正好与激光束相遇。采用这样的系统, 可以避免窗口沾

收稿日期: 1980年4月1日。

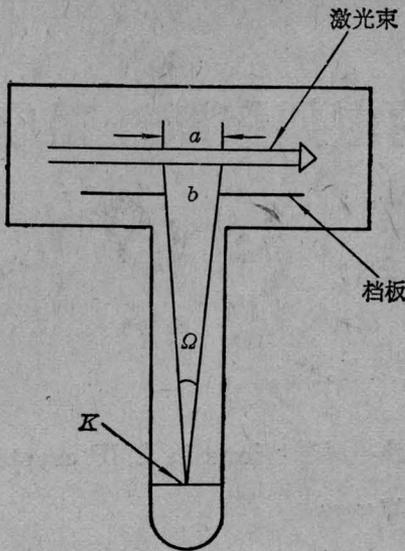


图2 原子束池结构图

污,并可减少猝灭效应。

图3为K原子的能级简化图,图上标出了共振三光子电离的过程。为了探测原子的数目,必须使原子在激光照射之下几乎全部变成离子,也就是说,应使激光功率密度足够大,以致电离讯号趋向饱和,而且不存在其它的辐射衰减和非辐射衰减。本实验中采用了染料激光强迫振荡器,所以功率密度较大,从两光子跃迁几率来估计,已能满足要求。我们选择K原子作为实验对象,可使两光子激发到达Rydberg能级。原子激发态的寿命与原子主量子数 $n$ 的三次方成正比,因而 $n=24$ 左右的能级的寿命长达 $3\sim 5$ 微秒,比染料激光脉冲的宽度还长,故可不考虑它的自发辐射衰减。另外,我们采用了准原子束装置,事实上原子之间的碰撞还是存在的,但这种碰撞却反而增加了处于Rydberg能级的原子变成离子的几率,再加上第三个光子的作用,使得被激光照射到的原子几乎全部变成了离子。

为了使斯塔克电极能有效地收集离子,我们在相距2.5厘米的两电极间加了3伏直流电压,并且串接了FH-56静电计的输入电阻( $10^9$ 欧姆),连接电缆和输入电容之总和 $C$

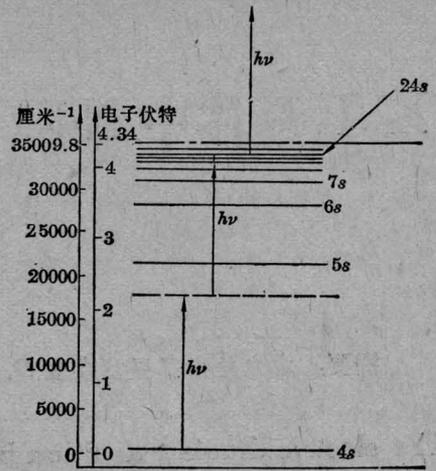


图3 钾原子的共振三光子电离示意图

$=300$ 微微法,从静电计的读数和 $C$ 值可以推算出探测到的离子电荷数,从而可以推算出离子的数目。

图4为 $200^\circ\text{C}$ 下电离信号与激光功率密度的关系,从中可以看出,功率密度为 $1\times 10^7$ 瓦/厘米<sup>2</sup>时曲线呈现了明显的饱和效应。这个数值与P. Agostini关于Na的实验很好地一致。从图上可以看出在 $1\times 10^7$ 瓦/厘米<sup>2</sup>时相应的离子数为 $6\times 10^8$ 。

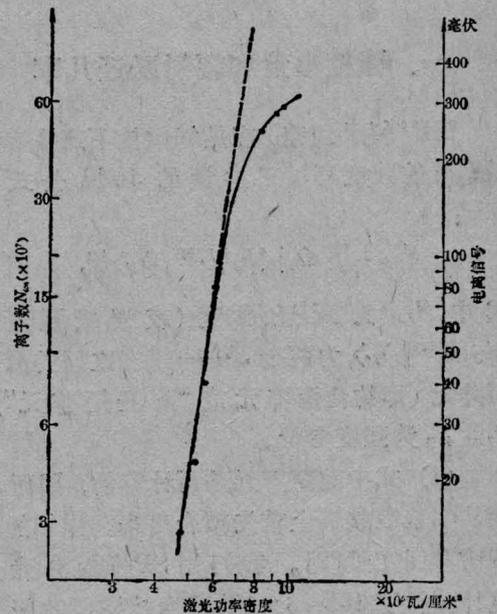


图4 电离信号与激光功率密度的关系