

本文第二部分介绍我们用“增益竞争法”获得单一跃迁  $P_{20}$  线, 及与兄弟单位协作研究  $SF_6$  分离的情况。

采用“增益竞争”法稳频的紫外预电离 TEA  $CO_2$  激光器, 输出波长稳定在 10.6 微米  $P(20)$  线, 输出能量 2 焦耳, 脉宽 90 毫微秒, 将激光聚焦到  $SF_6$  与  $H_2$  的混合物中使  $^{32}SF_6$  多光子离解, 剩余的气体中  $S_{34}$  在  $SF_6$  中得到浓缩, 于 1976 年 6 月在我国首次实现了激光分离同位素。进一步的实验确定了分离系数与  $SF_6$  和  $H_2$  的比例的关系及与容器材料的关系。结果表明: 用玻璃反应器时, 分离系数随  $H_2$  的压力的增加而减少, 用铜反应器时, 分离系数随  $H_2$  压力变化有一极大值。在一系列实验中获得的最大分离系数是 36(2200 次照射下), 离解速率为  $3.5 \times 10^{-3}$ 。

## 红外多光子吸收法分离硼同位素

中国科学院物理研究所 同位素研究小组  
中国科学院盐湖研究所

红外多光子吸收分离同位素是近年来用激光分离同位素所发展的一种新方法, 因为 TEA  $CO_2$  激光器效率高、功率高, 因此这种方法被评价为一种有前途的方法。我们选择硼为分离对象, 因为硼是我国重要资源, 在原子能工业中有重要应用。  $BCl_3$  是理想小分子, 理论上较易处理。

工作中用 TEA  $CO_2$  激光器为泵源, 能量  $\sim 1$  焦耳, 脉宽  $\sim 100$  毫微秒, 波长 10.6 微米附近  $P(16)$  及  $P(18)$  支, 正好与  $^{11}BCl_3$  的  $\nu_3$  吸收带相匹配,  $^{10}BCl_3$  的  $\nu_3$  带距  $^{11}BCl_3$  的  $\nu_3$  带约 40 厘米 $^{-1}$ , 可以保证选择性激发, 器件的脉冲重复率 1~10 次/秒。用干燥空气为化学清除剂, 反应池与配气系统是玻璃制的。选用 Ge、NaCl、BaF $_2$  等不同焦距透镜及凹面短焦距镀金全反射镜, 焦点处功率可达  $10^6$  瓦/厘米 $^2$ 。观察到激光感生的黄绿色可见荧光, 反应前后产物用 75-IR 红外分光光度计及不同类型质谱仪测定。  $BCl_3$  纯度不低于 98%。

为了获得最佳分离条件, 工作中试验了  $BCl_3$  与空气配比、气压、透镜焦距、脉冲能量、辐照脉冲次数、反应池体积等因素对浓缩系数的影响, 在最佳所选的条件下, 浓缩系数可达 2.3。

在分离试验中最大反应池体积 3000 厘米 $^3$ , 利用低温冷冻装置可累积分离产物, 得到有一定浓缩效果的样品, 总量达几十毫克, 产率可达每小时毫克量级。

此外在冷冻样品中还观察到  $^{10}BCl_3$  的  $\nu_3$  吸收带附近一组的“反常”吸收峰。

## 强红外共振辐射场作用下的 $BCl_3$ 分子 可见荧光及离解的研究

中国科学院物理研究所 徐积仁 唐福海 蒋义枫 黄南堂

在脉冲红外激光功率  $10^7 \sim 10^9$  瓦/厘米 $^2$ , 气压 20 托以下的范围内, 研究强红外共振辐射场与多原子分子相互作用是一个十分有趣的问题。红外共振场诱发  $BCl_3$  可见荧光 $^{[1,2]}$ , 引起同位素分子化合物选择性分解, 已受到广泛重视。为了澄清  $BCl_3$  可见荧光动力学过程的若干问题, 进行了实验观测和若干简化分析。

工作中用 TEA  $CO_2$  激光器为泵源, 能量  $\sim 1$  焦耳, 脉冲半宽度  $\sim 100$  毫微秒, 输出波长 10.6 微米附近  $P(12) \sim P(18)$  支, 与  $BCl_3$  的  $\nu_3$  振动匹配。气体室由黄铜制成, 侧面有一对石英观测窗, Ge 透镜置于气体室内,  $f=40$  毫米。  $BCl_3$  纯度不小于 98%, 并经低温精制保证氧含量不大于  $10^{-4}$ 。

$BCl_3$  可见荧光, 肉眼清晰可见, 略有别于 $[1,2]$ 报导的外形, 荧光是土黄色。荧光的颜色、强度、外形明

显地依赖于样品纯度、气压、能量。纯  $\text{BCl}_3$  的焦点荧光为暗点(参见“物理”1978年第一期封面),按其位置可将荧光分为焦点区、近焦点区和远焦点区。

荧光空间分辨观测表明,可见荧光的时间变化是空间依赖的,记录了各典型条件下的可见荧光波型,包括“瞬时”、“延时”、“积分”及其空间位置、能量、气压的依赖关系。实验结果表明,中心区取样低气压  $I_{瞬态}$ 、 $I_{延态}$ 、 $I_{积分}$ 、开始近似于  $E^2$  而增长,  $I_{延态}$  线性依赖于  $P$ , 不同气压条件下的能量依赖关系较为复杂。 $\tau_{延}$  近似于  $E^{-2}$  延长,是空间、能量密度的依赖函数,这表明  $P\tau = \text{常数}$  不具有普遍意义。可见荧光有多种阈的现象。

对荧光进行  $x, y$  二维取样观测,发现了一种新的物理荧光,认为是光-声-光作用,或非线性弛豫反冲作用。反冲荧光具有明显的阈作用,其阈值随气压降低而明显升高,测量了其与气压、能量、空间的依赖关系。

$\text{BCl}_3$  可见荧光光谱,在低分辨率测量下是连续光带,由 4200 埃向 1 微米延伸,其极值在 6000 埃附近。推测可见荧光来自短寿命自由基  $\text{Cl}_3 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{Cl}$  的跃迁。

此外还用简化模型推算了荧光过程。

为了验证同位素的选择性激发作用,用干燥空气为清除剂,观测到  $^{10}\text{BCl}_3/^{11}\text{BCl}_3$  的浓缩效应。

### 参 考 资 料

[1] R. V. Ambartzmann, N. V. Chekalin *et al.*; *Chem. Phys. Lett.*, 1974, **25**, 515.

[2] Р. В. Амбарцумян, В. С. Должиков и др.; *ЖЭТФ*, 1975, **69**, №1, 72.

## 在红外激光场作用下多原子分子的瞬时离解理论

北京 大学 物理系 甘子钊

中国科学院物理研究所 杨国桢 冯克安 黄锡毅

近年来,多原子分子在红外场作用下发生瞬时离解的现象已有了许多实验,由于这种作用具有同位素选择性,并且是几十个光子参与的过程,因此受到实验和理论方面的密切注意。可惜至今仍然没有一种理论,可以满意地解释所有的实验现象。

对于红外激光场作用下多原子分子的非碰撞性离解,我们提出以下的理论模型:一、非谐性分子的一个振动模的 3~6 个最低能级受近共振红外场的相干激发而获得一定布居数,这个布居数在一级近似下满足 Poisson 分布(类似量子线性谐振子的情形);二、由于分子内部振动模之间的耦合,能量很快向其它的模转移,使分子的多数振动模被普遍激发;三、由单分子反应的理论方法计算分子光致离解速率。

本工作只是上述模型第一个过程的理论计算,我们得到了非谐性分子的振动能级平均布居数  $\bar{n}$  所满足的非线性微分方程,并将红外场作用下分子离解的阈行为和非线性振动所固有的“跳变”现象相联系给出与 SF<sub>6</sub> 实验基本相符的离解阈值与频率“红移”值。

单模非线性振子在外场作用下的哈密顿量为:

$$H = h\omega_0 \left( a^\dagger a + \frac{1}{2} \right) + \varepsilon V - \varepsilon \sqrt{\frac{\hbar}{2m\omega_0}} f_L(t) \cos \omega_L t (a + a^\dagger) \quad (1)$$

式中  $\omega_0$  为线性振子频率,  $V(a, a^\dagger)$  是非谐势,  $f_L$  和  $\omega_L$  是激光场的振幅与频率。

系统的  $U$  算符在一级近似下可写为:

$$U \approx e^{-i\omega_0 t (a^\dagger a + \frac{1}{2})} e^{\Lambda + \xi a^\dagger} e^{-\xi^* a} \quad (2)$$

利用 Боголюбов 在经典非线性振动中渐近展开方法,保留  $\xi$  与  $\xi^*$  的时间缓变部分之一阶近似,可得方程:

$$\frac{d\rho}{dt} = -\frac{\varepsilon f_L(t)}{\sqrt{8m\hbar\omega_0}} \sin \psi \quad (3)$$