

激光化学和同位素分离的分子选择性激励新方法的进展

技术研究 Ba(S), Ba(D), Ba(Cl₂) (n=0,1,2),

C. D. Cantrell

(美国得克萨斯大学量子电子学和应用中心, 达拉斯)

到现在为止, 实用的红外激光同位素分离和激光化学所用的主要手段, 是首先通过单光子共振激励选出一种分子, 然后变换选择性, 利用紫外激光器或一种不同的红外激光器通过分解得到永久的化学变化。这个方法对于轻元素的同位素有很高的选择性, 但对于重元素迄今只得到低的选择性。由理论预计, 用接近双光子共振(或者更一般的情况, 多光子共振)辐照有可能获得分子粒子数几乎完全的反转。Alimpiev 等人首次用 SF₆ 实验演示 10μm 区的窄多光子共振, 所用的连续可调 CO₂ 激光具有非常窄的线宽。随后, 在 CF₃Br、C₂F₅Cl 和 CF₃I 中观察到了类似的多光子共振。但是, 预计的接近多光子共振的绝热反转还没有在实验上做过尝试。

在一个多原子分子振动模的基态和前两个激发态的理想化的能级图中; 激发态的分裂表示真实分子的振-转分裂。我们将给出某些能级的粒子数与激光场振幅的函数关系; 可以看出, 当光电场强度在一个相当大的范围内变动时, 分子出现在基态的几率接近于零, 而出现在第二个激发态的几率接近 100%。为获得反转, 激光脉冲上升时间 τ_p 要求达到 $\tau_p \geq 20$ ns; 对于 CO₂ 激光脉冲这个条件是可以达到的。

由于重元素多光子共振的宽度比其同位素移动小得多, 通过多光子激励使一种分子接近完全反转(从振动基态到有两个或更多振动量子态)的可能性提供了一个新的很有潜力的激光同位素分离和激光化学的选择性激励方法。通过这最初的一步得到的有效选择性激励, 可以如同通常的方法一样, 利用第二种激光器来分解而得到永久性的变化。

(B) Ba(*S) + Cl₂ 反应与 Ba(*D) + Cl₂ 反应的相对化学发光强度。
比较四个谱带的光谱强度, 从而近似地定出相对化学发光强度。对 Ba(*D) + Cl₂ 反应, 得到如下结果:

Ba(*D) + Cl ₂	{	BaCl(A ¹ Π - X ³ Σ ⁺) + Cl ₂ (3790 - 6170 Å)	30
		BaCl(A ³ Π - X ³ Σ ⁺) + Cl ₂ (3896 - 9470 Å)	312
		BaCl(B ³ Σ ⁺ - X ³ Σ ⁺) + Cl ₂ (7818 - 9259 Å)	
		BaCl(C ³ Π - X ³ Σ ⁺) + Cl ₂ (4200 - 5300 Å)	
Ba(*S) + Cl ₂ → BaCl ₂ + Cl ₂ (A - X) (3790 - 6170 Å)		0.2	

(C) Ba(*S), Ba(*D) + Cl₂, CHCl₃, CH₂Cl₂ 反应的相对化学发光强度。
当 Cl₂, CHCl₃, CH₂Cl₂ 分别与 Ba(*S) 反应时都不生成 BaCl(A, B, C), 但与 Ba(*D) 反应时却能生成。其相对化学发光强度如下表所示。