

激光分离同位素的动力学

中国科技大学 马兴孝

本文通过动力学分析,给出了在激光分离同位素技术中,为获得高选择性所必须满足的动力学条件。

文章首先考查了一般同位素浓缩过程的普遍描述方式并讨论了同位素浓缩过程的一般规律,指出,选择性系数 S 和浓缩速率系数 D 是表征浓缩过程品质的两个重要特征量。

文章通过对各种激光分离同位素方法的特点的分析,建立了反映激光分离中主要过程的动力学模型。模型包括了一系列重要的基元过程,如激光对分子(或原子)的选择激发与误激发、分子的受激发射、分子的自发辐射与碰撞消激发、热激发、热反应、激发分子能量的共振转移、第二步的激发态选择反应等。在建立了动力学方程组之后,讨论了其求解问题,并针对选择系数较大和第二步激发态反应速率较小两种典型情况,分别用线性近似和准稳态近似得到了动力学方程组的解析解。从而使描述同位素浓缩过程各特征量与表征各基元过程的速率系数通过解析表达式联系起来。由此对解的初始行为与渐近行为以及逆反应影响加以分析,概括出在激光分离同位素中,为获得高选择性所必须满足的动力学条件:

1) 辐照时间必须至少大于初始阶段的特征时间(文章给出了用基元过程速率系数表达的初始阶段特征时间);

2) 各基元过程速率系数必须满足文章给出的一组关系式;

3) 避免逆反应或选择无害的逆反应(文章给出了选择的标准)。

本文可为激光分离同位素方案的正确设计提供指导原则,也为通过对基元过程速率系数的测定或估算,预计各种方案的浓缩效果指明途径。

红外聚焦脉冲激光场中同位素浓缩过程的动力学处理

中国科技大学 马兴孝 胡照林

强红外辐射场中多原子分子发生选择性离解(红外“多光子”离解)的现象已广泛用于激光分离同位素的实验。本文针对用聚焦方法实现强红外场的实验,提出了同位素浓缩过程的动力学处理,导出了在残留物中同位素浓缩系数的下述表达式:

$$\ln \beta_n = \frac{f}{V\sqrt{S_L}} \left(\frac{E}{\delta t I_T} \right)^{3/2} \sum_{i=1}^n \int_1^{I_T/I_T} (e^{-\int_{t_i}^{t_i+\delta t} c_i' dt} - e^{-\int_{t_i}^{t_i+\delta t} c_i dt}) \frac{dy}{y^{5/2}}$$

式中, β_n 为 n 个激光脉冲相继辐照后残留物中的同位素浓缩系数; f 为聚焦透镜的焦距; V 为反应器的总体积; S_L 为透镜处光束截面积; E 为单个激光脉冲的能量; δt 为激光脉冲的持续时间; I_T 为所分离的同位素分子的红外“多光子”离解阈值功率密度; I_f 为聚焦后焦斑处光束的平均功率密度; c_i' 与 c_i 分别为第 i 个激光脉冲引起的两种相似分子(如 $^{32}\text{SF}_6$ / $^{34}\text{SF}_6$)的离解速率系数。

当 $I_f \gg I_T$ 时,由上式可得到

$$\ln \beta_n \propto f, E^{3/2},$$

若 $c_i' = c_i$, $c_i = c$ ($i=1, 2, \dots, n$), 则还有

$$\ln \beta_n \propto n.$$

以上结果均为 SF_6 的有关实验完全证实。

在本工作中,作者首先在“理想脉冲”的条件下对动力学方程组按时间分段求解,从而导出了用脉冲数目

表示的分子离解速率;然后基于“阈值功率密度”的假定,将离解速率及浓缩系数与实验条件参数(如激光脉冲能量、脉宽、透镜焦距等)进一步联系起来,使由有关实验所总结出的经验规律得到了合理的理论解释,并指明了实验规律的适用范围。同时,通过理论与实验的比较,还能提供有关“多光子”离解机理的某些信息。

激光分离硼、硫同位素

四川大学激光物理、化学研究室

采用高功率 TEA CO_2 激光源选择性多光子离解 BCl_3 、 SF_6 。对 BCl_3 添加氧或苯作清除剂,对 SF_6 添加氢作清除剂,实现了硼、硫同位素的激光浓缩。 BCl_3/O_2 混合物经聚焦激光脉冲照射 710 次,分离系数 1.33,激光脉冲照射 2079 次,分离系数 1.42, SF_6/H_2 混合物经聚焦激光照射 800 次,分离系数约为 7。

多光子离解甲醛浓缩氙

四川大学物理系光学专业

采用多光子离解法从甲醛中浓缩氙,本文报导了以高功率紫外光预电离 TEA CO_2 激光器为分离氙的光源,其波数 944.18 厘米^{-1} ,能量 6.25 焦耳,反应室充甲醛蒸气 20 托,经聚焦的 CO_2 激光脉冲照射了 300 次,获得氙的浓缩系数 67。

“核技术”杂志创刊

“核技术”杂志是报导核科学技术领域中的研究与应用成果为主的专业性科技刊物。通过科研成果的交流和学术讨论,促进核科学技术的发展。

“核技术”的读者对象是在各条战线上从事核技术研究与应用工作的科技人员、高等院校师生及与此有关的广大干部和工农兵读者。

“核技术”为季刊,由核技术编辑委员会编辑,上海科学技术出版社出版,全国各地邮局发行。各地读者可向当地邮局办理订阅手续。

《核技术》编辑部

1978 年 10 月