

激光分离同位素

激光分离硫同位素

中国科学院安徽光机所 激光分离同位素协作组
中国科技大学

本文报导了利用 TEACO₂ 激光辐照 SF₆/H₂ 混合气体实现硫同位素分离的实验。

实验原理 ³²SF₆ 的 ν_3 振动吸收谱峰位于 947.9 厘米⁻¹, 与 CO₂ 激光 10.6 微米带的频率相合, 而 ³⁴SF₆ 相应吸收谱峰 930.5 厘米⁻¹, 与激光频率相差稍远。当脉冲 TEACO₂ 激光聚焦后辐照 SF₆ 气体时, ³²SF₆ 将通过共振吸收而发生红外“多光子”选择离解, 以致在残留的 SF₆ 气体中就得到 ³⁴S 的浓缩。残留物中的 ³⁴SF₆ 相对于 ³²SF₆ 比例的增加由红外分光光度计和质谱仪进行检测。

实验装置 我们采用未经选频的 TEA CO₂ 激光器, 激光脉冲能量 2~4 焦耳, 半宽约 100 毫微秒, 多模输出, 脉冲重复频率 0.5~1.5 赫。用焦距为 11.2 厘米的锗透镜聚焦。反应管长 15 厘米, 总体积约 90 毫升, 粘 NaCl 窗片。反应管内装 P_{SF₆}:P_{H₂}=1:10 的混合气体样品, 样品经若干次脉冲辐照后用液氮冷冻法转移至红外吸收池或质谱安瓿中进行红外或质谱检测。

实验结果 共得到 9 个样品的数据。浓缩系数 β 分别为 7、11 和 58。并初步考察了脉冲辐照次数以及初始压力对浓缩结果的影响。证实了 β 对于脉冲数目按指数增长及随初始压力的降低而上升的规律。此外, 还考察了同位素交换反应及逆反应的影响。我们的实验表明, 未选频的激光器件对 SF₆ 气体能够实现同位素选择离解, 并且 β 可不低于选频器件的值(美国 Lyman 等 $\beta \approx 33$, 苏联 Амбарцумян 等 $\beta \approx 2800$, 他们都用选频器件; 我们得到的浓缩系数 $\beta \approx 58$)。

以上实验完成于 1976 年 7 月。今年中国科技大学继续完成了激光辐照后残留物的后继化学处理, 并获得毫克量级的硫同位素实物。

采用 TEACO₂ 激光器分离同位素

中国科学院电子所五室紫外预电离激光组

本文分为两部分。第一部分介绍我们自 1975 年初开始进行激光分离同位素, 特别是 UF₆ 的研究工作开展以来的基本设想, 强调脉冲 CO₂ 激光器的作用和多频法分离同位素的方案。

脉冲 CO₂ 激光器在同位素分离中具有重要的意义, 表现在: 1. 直接激发 UF₆ 的 $\nu_3 + \nu_4 + \nu_6$ 三元组频。2. 同位素 C₁₄ 的 CO₂ 激光器的 12.1 微米激光可激发 UF₆ 的 $\nu_3 + \nu_5$ 二元组频。3. 采用 TEA CO₂ 激光器的实验技术以研究 CS₂, OCS 等“类 CO₂ 激光器”, 这些激光器的输出波长也可能与 UF₆ 的吸收峰相匹配。4. 作为探索 16 微米激光器的重要手段。5. 研究 SF₆ 的分离机理, 对 UF₆ 进行模拟。

采用多个频率相近的可调谐激光器, 或用在同一个激光器中同时产生多个频率相近的可调谐激光跃迁来进行同位素分离的方案称为“多频法”。1975 年, 我们在强调近年来已经极为流行的强红外场中多光子离解法的重要性的同时, 又指出了采用单一频率的局限性, 这就是: 由于强红外场中谱线的加宽, 使得该法推广应用到重元素的同位素分离时必然会使选择性大大下降。解决这个问题的途径是采用多个频率的较弱的激光分别与分子的振动能级逐阶对应, 以克服振动能级的非谐性, 使分子无碰撞地激发到较高的振动能级, 然后用强红外场使之离解。

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高分离系数是 36(2200 次照射下), 离解速率为 3.5×10^{-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 ~ 1 焦耳, 脉宽 ~ 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 ν_3 吸收带相匹配, $^{10}BCl_3$ 的 ν_3 带距 $^{11}BCl_3$ 的 ν_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 ν_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 ~ 1 焦耳, 脉冲半宽度 ~ 100 毫微秒, 输出波长 10.6 微米附近 $P(12) \sim P(18)$ 支, 与 BCl_3 的 ν_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