

Sn + N₂O 化学发光反应的光谱和动力学

王秀岩 沈关林 楼南泉

(中国科学院大连化学物理研究所)

为实现电子跃迁化学激光,近几年来对高光子产率的化学反应 $\text{Sn} + \text{N}_2\text{O} \longrightarrow \text{SnO}^* + \text{N}$, 进行了基础研究和实验演示。本实验使用高温流动反应器装置研究了上述反应的发光光谱和动力学,并讨论了上述反应实现化学激光的可能性。

为获得高浓度 Sn 原子蒸气,设计了具有 Sn 金属蒸发面积为 25cm^2 并可加热至 1600°C 的高温流动反应器。

实验采用光电记录和摄谱两种方法测量发光光谱,获得了 SnO 分子的 145 个振动带和 7 个较高分辨的光谱带。由光谱分析得出 SnO 的五个低位电子态的光谱常数。

由这些光谱常数计算出 SnO 分子的 RKR 势能曲线和 $a^3\Sigma^+(1) - X^1\Sigma^+(O^+)$ 跃迁系的 Franck-Condon 因子。

实验表明,上述反应产生 SnO $a^3\Sigma^+(1)$ 态的布居很高,并随着反应区压力而变化。当 Ar 压力大于 5 Torr 时, $a^3\Sigma^+(1) v'=0$ 跃迁至 $X^1\Sigma^+(O^+) v''=3, 4$ 和 5 的自发辐射明显增强。

由于 SnO 分子结构的特点, $a^3\Sigma^+(1)$ 态寿命较长(约 2.5×10^{-4} 秒),反应生成 $a^3\Sigma^+(1)$ 态的产率较高,这就决定了该体系很容易形成 $\text{SnO } a^3\Sigma^+(1) v'=0 \longrightarrow X^1\Sigma^+(O^+) v'' > 3$ 的布居反转。本文根据光谱和动力学数据估算了光学增益。

为使上述反应体系产生化学激光,应当解决如下问题:

- 一、选择合适的载气,使之有利于振动弛豫,而且具有较低的猝灭 $a^3\Sigma^+(1)$ 态的速率;
- 二、适当降低反应区温度,以有利于降低高振动能级的布居和提高生成电子激发态的分支比;
- 三、由于金属原子对电子激发态猝灭很有效,因此反应要在 N_2O 过量的条件下进行;
- 四、反应产物 SnO 对 $a^3\Sigma^+(1)$ 态的猝灭速率较大,为此需要有合适的 Sn 原子浓度和流速。