

# 在连续波 DF 化学激光器中的转动非平衡现象

桑凤琴 黄瑞平 袁启年 庄琦 张存浩

(中国科学院大连化学物理研究所)

Polanyi 在一九七二年用化学发光方法发现  $F+D_2$  的反应产物 DF 分子在各振动能级上的转动态分布处于非平衡状态,并具有双峰分布特征。后来,很多人通过计算机模拟计算对 DF(HF) 化学激光器中的转动非平衡现象作了深入的研究。本文首次在燃烧驱动 DF 化学激光器中测得了激光输出谱线的光强分布具有双峰特征。

本实验是在燃烧驱动的超音速扩散型连续波 DF 化学激光器中进行的,使用的喷管为高效喷管 CL-16,功率输出为千瓦左右。同时在红外光谱仪上附加了一个扫描装置,以便能在短时间内记录下全部激光谱线。

通过对实验获得的各谱带的光强分布测定,观测到其形状为具有两个极大值的双峰分布。在这类激光器中,至少有六条新的高 J 振转线被观测到,而且激光辐射波长大于  $4\mu$  的部分也比过去的多二倍多。

用同一喷管 CL-16 作 HF 激光实验时,激光输出谱线的双峰现象不再出现,谱线数目也明显减少。这表明 HF 和 DF 分子的转动弛豫速率有很大的差别。

当用混合效率差的喷管 CL-2 作 DF 激光实验时,输出谱线大为减少,光强分布无双峰现象。由此可见,激光输出谱线的光强分布与喷管扩散混合速率有着明显关系。

文中用简化的予混模型,不考虑激射及速率较慢的 V-V 弛豫的影响,并采用 Polanyi 等人提出的 R-R 速率常数公式

$$k_{J \rightarrow J'} = A \frac{2J'+1}{2J+1} \exp\left(-C \frac{|\Delta E|}{KT}\right)$$

计算了在不同喷管混合长度  $L_x$  时,DF( $v=1$ )的转动布居。当取  $A=2 \times 10^7 \text{sec}^{-1} \text{Torr}^{-1}$  和  $C=3$  时,计算结果表明,(1)其转动分布具有双峰特征。应强调的是:在计算中为了得到双峰分布,必须取  $C \geq 3$ 。这意味着 DF 分子高 J 态的转动弛豫要比通常所预计的要慢。(2)随着喷管混合长度  $L_x$  变小,其转动态分布偏离平衡态更加厉害。这一结果与 Hall 用转动非平衡模型计算 DF 化学激光的结果基本一致。

因此可以得出结论:这种不寻常的转动非平衡现象只有在 DF 体系及采用迅速混合喷管的激光器中才会出现;可推断对于高 J 值转动弛豫速率, HF 和 DF 有着较大的差别。