

相干反斯托克斯喇曼散射用于火焰及其它反应中的介质的分析

J. P. Taran

(法国国家宇航研究局)

相干反斯托克斯喇曼散射(CARS)对于测量反应中的介质之温度和浓度是一个很有吸引力的技术。本文首先给出 CARS 的理论。在气体中,当两个频率分别为 ω_1 和 ω_2 ($\omega_2 > \omega_1$) 的共线光束穿过盛有喇曼活性介质的样品时可观察到振动频率为 ω_0 的 CARS, 其中 $\omega_0 \approx \omega_1 - \omega_2$ 。从而在向前的方向产生一束频率为 $\omega_3 = \omega_1 + (\omega_1 - \omega_2)$ 的新波, 它与抽运束共线。这种新波束的产生是由于分子振动造成的频率为 ω_1 的波的非弹性散射而引起的, 分子的振动则是因频率为 ω_1 和 ω_2 的波的相干驱动而产生。本文评述了这一技术的主要特点: 空间分辨力为 1mm 量级, 时间分辨力为 10 ms。检测灵敏度为 1% 至 0.01%, 由实验条件决定, 在一个大气压下接近 1500K。最重要的一点是这种技术是不破坏样品及其反应状态的, 而且可以用于高发光强度或极低密度的介质。

由于上述理由, 它已被成功地用于研究燃烧、等离子体物理和光化学中的几个困难问题。

评述了 CARS 的这一最有意义的成就。在下列介质中的温度及浓度的测量已获得可观的结果:

——小的火焰, 火焰中如 H_2 及 CO 等的多数类及少数类已被测量, 大量的温度测量也已完成; 并测得了在甲烷和空气经充分搅拌的混合物反应体中燃料的存留时间;

——对大尺寸的燃烧室已进行了可靠的瞬时温度及浓度测量, 且不谈这里存在声学噪音大及难以构成光学通路等严重问题;

——以汽油为燃料的活塞发动机, 对全部冲程以及在冒黑烟的工作情况下对瞬时温度进行了测量;

——压力为 0.1 mbar 的氢等离子体, 观察到很强的非平衡态转动及振动粒子数分布;

——研究了用 349 nm 附近的紫外辐射使 H_2CO 光解时 H_2 的产生过程; 并测定 H_2 的振动分布及正-仲率(Ortho/para ratio);

此外, 还将讨论所涉及的一些有重要意义的问题及结果。