

超声分子束激光光谱学

刘 颂 豪

(中国科学院安徽光机所)

Laser spectroscopy of ultrasonic molecular beams

Liu Songhao

(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

超声分子束激光光谱学是近年来才发展起来的新的激光光谱学分支。它主要研究超声分子束的产生及束中过冷分子的亚多普勒与无多普勒的高分辨率光谱。

$$\begin{cases} d\beta/dt = -\beta I/E_s & (1) \\ dI/dt = (\beta - \alpha) - \gamma I^2 & (2) \end{cases}$$

当 $\beta=0$ 时, 可以直接解方程(2)得出激光束通过一段长为 L 的样品棒后输入、输出光强的关系:

$$I_{out}(t) = I_{in}(t) \exp(-\alpha L) / \{1 + \gamma I_{in} [\exp(-\alpha L) - 1] / (-\alpha)\} \quad (3)$$

能密度透过率定义为:

$$T = E_{out} / E_{in} = \int I_{out}(t) dt / E_{in} \quad (4)$$

将(3)式代入(4)式得:

$$T = \int \frac{I_{in}(t) \exp(-\alpha L)}{1 + \gamma I_{in}(t) [\exp(-\alpha L) - 1] / (-\alpha)} dt / E_{in} \quad (5)$$

因此, 通过测量参数 α 、 L 、 E_{in} 、 E_{out} 后, 解超越方程(5)便可求得 γ 值。

利用磷玻璃主动锁模激光器产生的亚毫微秒激光脉冲通过选脉冲、放大器、空间滤波器、磁光隔离器等等进入样品棒, 测量了 E_{in} 和 E_{out} , 获得磷玻璃样品棒的透过率随输入激光功率密度变化的规律, 并求得磷玻璃的非线性吸收系数 $\gamma = 1.2 \times 10^{-12}$ 厘米/瓦。

本文用差分法解非线性微分方程组(1)、(2), 计算 10^{12} 瓦量级的高功率激光系统中 γ 对各级放大器增益和输出波形的影响, 结果表明总体输出能量在 $\gamma = 1.2 \times 10^{-12}$ 厘米/瓦和 $\gamma = 1.65 \times 10^{-12}$ 厘米/瓦时, 由非线性吸收引起的能量损耗分别为 21% 和 38% (相对于 $\gamma=0$ 而言), 且随着 γ 的增大输出脉冲波形顶部被削得越平, 脉冲半宽度也相应增大, 故对于高功率激光系统磷酸盐铍玻璃的非线性吸收必须引起充分的重视。

超声分子束可以提供一个在真空中传播的、强的过冷分子束。这种束的分子速度分布极窄,碰撞几率极小。在光谱学中,分子束是一种借以消除多普勒加宽和碰撞加宽从而获得高分辨率的传统光谱方法;超声分子束由于分子内冷消除了转动轮廓从而使光谱大大简化。

再者,可调谐激光器的发展为光谱学提供了良好的光源。超声分子束技术与激光技术相结合,大大推动了激光光谱学的发展。

超声分子束光谱学除研究中、小分子外,在研究化学和生物大分子方面显示出巨大的潜力。利用超声分子束研究重元素同位素的低温光谱,可以为分离 ^{235}U 和 ^{238}U 同位素提供精细的光谱资料。此外,超声束 CARS 光谱、多光子电离光谱、荧光光谱、Van der Waals 分子光谱等也都是非常有意义的,其所获得的高分辨率和高信噪比光谱资料都是前所未有的。它充分显示能将最初从研究单分子和简单双原子分子发展起来的激光光谱技术应用于多原子分子和大分子中去的可能性,并具有广阔的发展前景。

应用激光探测单个原子和分子的问题

王天眷 张志三

(中国科学院物理所)

Problems on laser detection of monoatoms and monomolecules

Wang Tianjuan, Zhang Zhisan

(Institute of Physics, Academia Sinica)

讨论根据原子分子的结构和性质,如何用激光激励,在探测上考虑捕获、囚禁、冷却和分析单个原子与分子等有关的问题。也对如何有计划地进行研究各属原子,系统地进一步探索原子的性质,提出了看法。还考虑了有关应用的问题。