

超声空化对喇曼散射的影响

谢锦平¹, 焦中明¹, 吕家鸿¹, 李化茂², 罗序中¹

(1. 赣南师范学院近代声学研究所, 赣州 341000; 2. 吉安师范专科学校物理系, 吉安 343009)

中图分类号: O426

文献标识码: A

Effect of ultrasonic cavitation on Raman Scatter

XIE Jing-ping¹, JIAO Zhong-ming¹, LU Jia-hong¹, LI Hua-mao², LUO Xu-zhong¹

(1. Institute of Modern Acoustics, Gannan Teacher's College, Ganzhou 341000, China;

2. Dept. of Physics, Ji'an Teachers College, Ji'an 343009, China)

1 引言

超声空化的过程是集中声场能量并迅即释放的过程。空化泡崩溃时, 极短时间在空化泡周围的极小空间内, 产生 5000 K 以上的高温 and 大约 5×10^7 Pa 的高压, 温度变化率高达 10^9 K/s, 并伴生强烈的冲击波和时速达 400 km 的射流^[1]。在这样特殊的物理环境下, 物质的物理性质和一些物理现象是否发生变化或受环境的影响呢? 作者曾经设计了一种特殊形状的喇曼光谱样品池, 它既能让激光束透过样品, 又能在样品中引入超声空化场, 从而可研究超声空化对喇曼散射光谱的影响^[2]。作为该研究工作的继续, 本文选择了四氯化碳和乙二醇两种样品做实验, 观测了超声空化对这些样品的喇曼散射强度和退偏度的影响。

2 实验

本实验所用的设备有: RBD- 型激光喇曼分光计(北京大学产); He-Ne 激光器(30mW); 特殊的样品池; 超声发生器(超声电功率为 15W, 换能器的工作频率为 1.76MHz); 实验样品均为分析纯试剂。为防止杂散光干扰, 实验时, 超声仪要放入样品照明系统的暗箱内。图 1 为样品照明系统光路结构图。

实验时, 在样品池中注满待测液体, 无超声时, 扫出 $I_n(\frac{\omega}{2})$ 、 $I(\frac{\omega}{2})$ 和 $I(\frac{\omega}{2})$ 三种散射组态的喇曼谱图, 再由 $\rho(\frac{\omega}{2}) = I(\frac{\omega}{2}) / I(\frac{\omega}{2})$ 计算退偏度; 然后, 在保证样品池及光路不变的条件下打开超声电源, 使液体样品中产生空化场, 再重新扫出上

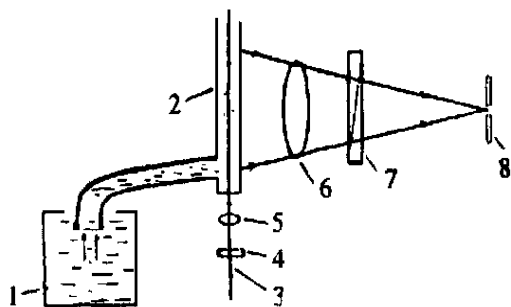


图 1 样品照明系统光路结构

1. 超声发生器 2. 特殊样品池 3. 入射激光束
4. 半波片 5. 聚光透镜 6. 集光透镜 7. 检偏器 8. 单色仪入射狭缝

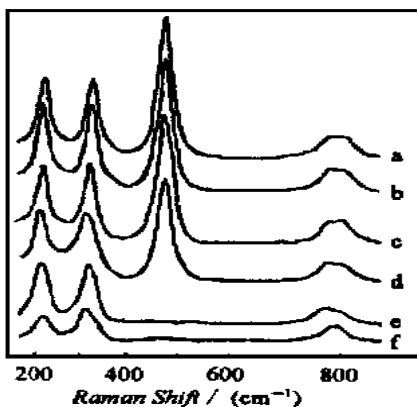


图 2 四氯化碳的喇曼光谱图

- a. $I_n(\frac{\omega}{2})$, 无超声空化场 b. $I_n(\frac{\omega}{2})$, 有超声空化场
- c. $I(\frac{\omega}{2})$, 无超声空化场 d. $I(\frac{\omega}{2})$, 有超声空化场
- e. $I(\frac{\omega}{2})$, 无超声空化场 f. $I(\frac{\omega}{2})$, 有超声空化场

收稿日期: 2000-01-21; 修订日期: 2000-05-15

作者简介: 谢锦平(1962-), 男, 副教授。

述三种散射组态的光谱图并计算退偏度,最后将结果进行分析比较。

3 实验结果

图 2、图 3 分别为用四氯化碳和乙二醇作样品

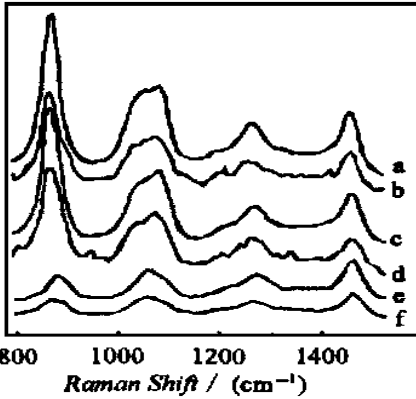


图 3 乙二醇的喇曼光谱图

- a. ${}^nI_n(\frac{1}{2})$, 无超声空化场 b. ${}^nI_n(\frac{1}{2})$, 有超声空化场
 c. $I(\frac{1}{2})$, 无超声空化场 d. $I(\frac{1}{2})$, 有超声空化场
 e. $s(\frac{1}{2})$, 无超声空化场 f. $s(\frac{1}{2})$, 有超声空化场

表 1 计算四氯化碳样品的退偏度

振动模	$\tilde{\nu}_1$ (-458 cm^{-1})	$\tilde{\nu}_2$ (-218 cm^{-1})	$\tilde{\nu}_3$ (-776 cm^{-1})	$\tilde{\nu}_4$ (-314 cm^{-1})
$I(\frac{1}{2})$ 无空化	0	27	8	26
$I(\frac{1}{2})$ 有空化	64	36	11	37
$s(\frac{1}{2})$ 无空化	0	0.75	0.73	0.70
$I(\frac{1}{2})$ 有空化	0	12	5	15
$I(\frac{1}{2})$ 有空化	51	23	9	22
$s(\frac{1}{2})$ 有空化	0	0.52	0.56	0.68

表 2 计算乙二醇样品的退偏度

振动模	$\tilde{\nu}_1$ (-875 cm^{-1})	$\tilde{\nu}_2$ (-108 cm^{-1})	$\tilde{\nu}_3$ (-1272 cm^{-1})	$\tilde{\nu}_4$ (-1464 cm^{-1})
$I(\frac{1}{2})$ 无空化	10	12	8	14
$I(\frac{1}{2})$ 有空化	50	25	11	17
$s(\frac{1}{2})$ 无空化	0.20	0.48	0.73	0.82
$I(\frac{1}{2})$ 有空化	6	7	5	8
$I(\frac{1}{2})$ 有空化	36	19	9	10
$s(\frac{1}{2})$ 有空化	0.17	0.37	0.56	0.80

的喇曼谱图,表 1、表 2 分别为四氯化碳和乙二醇样品的喇曼光谱退偏度计算结果。

4 分析与讨论

由以上实验图表可以看出,超声空化对喇曼散射的影响有如下规律:

(1) 声空化使喇曼散射强度减弱,且空化越强,减弱越显著,这一结果与文献[2]一致。

(2) 对不同的样品,声空化导致散射谱线强度减弱的程度不同。当超声电功率为 15W 时,四氯化碳的散射谱线强度减弱约 5% - 20%,乙二醇减弱 20% - 50%,丙酮减弱 80% 以上。可以看出,样品的分子量越大,喇曼散射谱线强度减弱越少。

(3) 对同一种样品,不同的喇曼谱线强度减弱的程度也不一样,有些谱线甚至会有所增强(如散射组态为 ${}^nI_n(\frac{1}{2})$ 时四氯化碳的 -218 cm^{-1} 和 -314 cm^{-1} 线)。从实验谱图可以看出,由对称振动产生的喇曼谱线在超声空化作用下减弱较多,而反对称振动对应的喇曼谱线减弱较少。

(4) 在超声空化作用下,所用样品的喇曼光谱退偏度值均有所减小。根据文献[3]:

$$I(\frac{1}{2}) = \frac{2^2/15}{45^2 + 4^2} s(\frac{1}{2}) = 3^2/(45^2 + 4^2)$$

由实验结果可知,超声空化使得 $I(\frac{1}{2})$ 减弱,所以各向异性率在超声空化场的作用下会减小,平均极化率的值可能增大或不变。

(5) 实验改进设想:空化泡内的温度很高,但微细的声空化泡在液体样品中占的体积份量极少,它们对整个液体样品的温度影响很小^[4],如果缩小样品池的体积,改用毛细管玻璃作样品池,则超声空化的影响可能会更显著。

参考文献:

- [1] 冯若,李化茂. 声化学及其应用[M]. 安徽科技出版社, 1992, 1-3.
 [2] 谢锦平,李化茂等. [J]. 应用声学, 1999, 18(5): 38-40
 [3] 吴思诚,王祖铨. 近代物理实验(2)[M]. 北京大学出版社, 9-14.
 [4] Suslick K.S., Hammerton D. A. [J]. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 1986, 33(2): 143-147.