

共振吸收谱与弛豫谱所能提供的信息的比较*

熊小敏, 张进修

(中山大学超快速激光光谱学国家重点实验室//物理系, 广州 510275)

摘 要: 比较了共振吸收谱与弛豫谱所能提供的信息. 共振吸收谱所能提供的信息主要为: 共振元的能级、有效体积、有效尺寸、有效质量等. 通过计算, 还可得到液体微粒子间的界面能、粘滞系数以及它们随温度的变化, 液体微粒子间的相互作用力等数据.

关键词: 共振吸收谱; 共振元; 能级; 有效体积; 界面能

中图分类号: O482.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2001) S1-0289-02

1 弛豫谱所提供的信息主要来源

弛豫谱所提供的信息主要依据是 Arrhenius 关系, 即:

$$\tau = \tau_0 \exp(H/K_B T) \quad (1)$$

此处 τ 是弛豫时间, τ_0 是试探频率的倒数, H 是弛豫过程激活能. 从不同频率时的内耗—温度曲线即可按上式求得过程激活能 H 和试探频率 $1/\tau_0$. 如果内耗峰比单一弛豫时间的 Debye 峰要宽, 则从峰宽参数 (随温度 T 的变化可得知弛豫元的进一步细节, 如 H 分布和 τ_0 分布等; 从峰高随 T 的变化还可得知弛豫元过程是否有序等弛豫过程动力学等细节^[1~4].

2 共振吸收峰的主要信息来源

——以液体为例

共振吸收谱所提供的信息主要依据是峰宽 g (cm^{-1}) 与弛豫时间的关系^[5]以及 Stokes-Einstein-Debye (SED) 模型^[6], 亦即:

$$\tau = 1/(2\pi c g) \quad (2)$$

此处, 对光谱而言, c 是光速; 对切变波谱而言, c 为声速; 和 Stokes-Einstein-Debye 关系

$$\tau = V\eta/K_B T \quad (3)$$

这里, V 是液体微粒子的有效体积, η 是液体的粘滞系数, K_B 是玻尔兹曼常数. 从共振吸收峰能获得的主要物理参数主要有:

(1) 可从 Arrhenius 关系或其他类似关系求得

激活能 H 和试探频率 $1/\tau_0$;

(2) 从 Stokes-Einstein-Debye 关系及 (2)、(3) 式计算出液体微粒子共振元的有效体积、有效尺寸、有效质量等. 通过模拟计算, 还可得到液体微粒子间的界面能、粘滞系数以及它们随温度的变化, 液体微粒子间的相互作用力等数据.

3 水的共振吸收谱

(2)、(3) 式的数据可从温度对水共振吸收谱的影响求得. 图 1 和图 2 给出了水在 20 °C ~ 60 °C 时的 $\tan \phi_L - \omega$ 和 $\tan \phi_L - k$ 曲线.

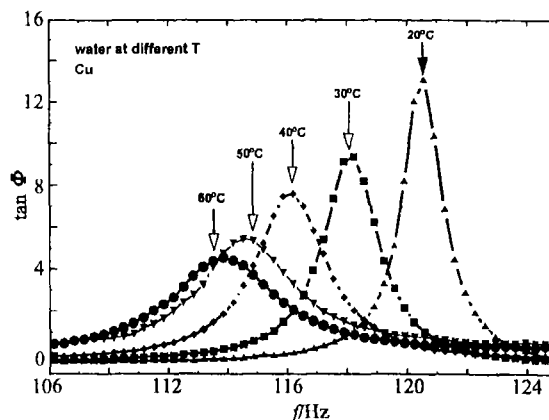


图 1 水在不同温度时的共振吸收频谱

所用起振元件为铜丝, 它在水峰的频率范围内没有吸收峰, 因此, 所观测到的峰为水的贡献. 且水的共振吸收频率峰出现红移, 但转换成波数谱后则变为蓝移.

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (19974077, 10027001, 10004017); 教育部重点科技项目及博士点基金资助项目 (99055, 99055806); 广东省科技攻关基金资助项目 (99M011007G, 2KM01101G); 广东省自然科学基金资助项目 (001246); 广东省教育厅专项资助项目; 广州市科技新星基金资助项目 (2000-k-004-01)

收稿日期: 2000-12-30; 作者简介: 熊小敏 (1970-), 男, 讲师.

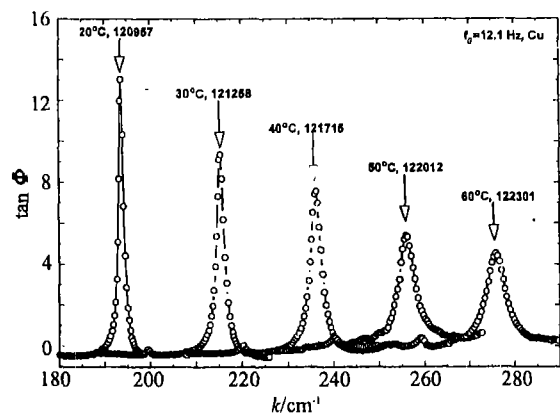
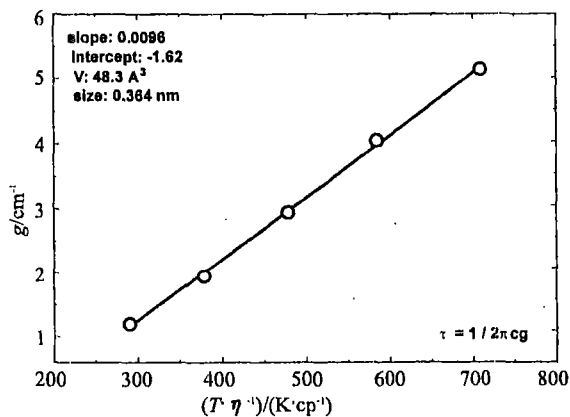


图2 水在不同温度时的共振吸收波数谱

图3给出了水的110峰随温度上升而变宽后其半高宽随 (T/η) 的变化。

图3 水峰半高宽随 (T/η) 的变化

由其斜率的倒数按SED模型可计算得共振元的尺寸。所得水cluster的尺寸为0.364 nm。由弛豫时间与温度的Arrhenius关系 $\tau = \tau_0 e^{E/KT}$ 即可计算出过程的激活能,图4给出了这一结果。

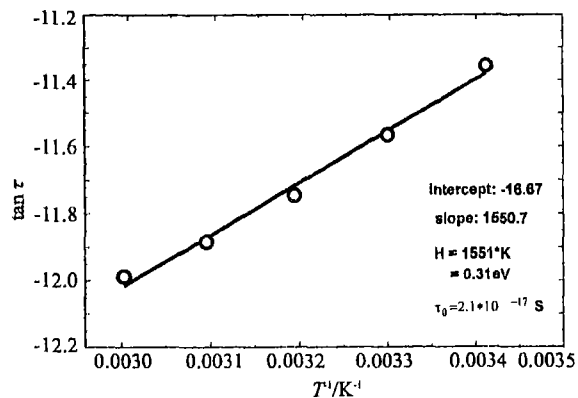


图4 水峰的Arrhenius关系

由该计算结果可知:在切变波激发下,水cluster转动所需克服的位垒为0.3 eV,试探频率为 $5 \times 10^{16}/s$ 。

4 讨论

图2的计算结果是以光速代入的,如以水中切变波的波速代入来计算,则所得水的cluster尺寸约为1 μm。依照目前文献中关于水中可能存在的cluster尺寸以及我们从测试过程得出的看法是,水中可能存在不同尺寸的结构,且这些结构在切变波的激发下可随时间而发生变化。因此,我们认为以水中切变波的波速代入来计算所得水的cluster尺寸约为1 μm是更为合理的。

参考文献:

- [1] NOWICK A S, BERRY B S. Anelasticity relaxation in crystalline solids. Academic Press, 1972. chapter 3, 4 and 5.
- [2] ZHANG J X, LIN G M, ZENG W G, et al. Proc of 8th I-CIFUAS. Beijing: Academic Press, 1989. 509 - 512.
- [3] ZHANG J X, LIN G M, ZENG W G, et al. Supercond Sci Technol, 1990, 3: 163 - 172.
- [4] ZHANG M Q, ZENG H M, ZHANG J X. Makromol Chem, 1991, 192: 293.
- [5] SHEN Y R. The principles of nonlinear Optics. John Wiley & Sons, 1984. chap 10.
- [6] KISLIUK A, et al. Phys Rev, 1995, B52: R13083.