

频率对双频超声辐照声化学产额 增强效应的影响*

朱昌平 李良学 冉勇 魏立升

(湖北省荆州师专 荆州 434100)

陈兆华 冯若

(南京大学声学研究所 南京 210093)

1996年9月2日收到

摘要 本文采用电学法研究了 28kHz 分别与 0.87MHz、1MHz、1.7MHz 组成的双频超声辐照的声化学效应。结果表明, 双频辐照增强的声化学产额具有明显的频率效应。

关键词 声化学, 双频辐照, 频率效应, 电学法

The frequency effect of bifrequency irradiation for high sonochemical yield

Zhu changping, Li Liangxue, Ruan Yong, Wei Lisheng

(Jingzhou Normal College, jingzhou 434100)

Chen Zhaohua, Feng Ruo

(The Institute of Acoustics, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract The sonochemical effect of combining irradiation at frequency 28kHz with that at 0.87MHz, 1MHz or 1.7MHz is studied by means of the electric method. The results show that the enhanced sonochemical yield produced by bifrequency irradiation appears to be remarkably frequency sensitive.

Key words Sonochemistry, Bifrequency irradiation, Frequency effect, Electric method

1 引言

声化学是目前化学研究的前沿之一, 它的发展正在国际范围内引起化学界的重视^[1,2]。但所有研究成果都采用的是单频超声辐照方式, 而有关双频超声辐照的声化学反应规律的基础研究迄今未见报道。本文采用电学法研究了这一现象, 结果表明, 双频超声辐照对声

化学产额存在显著的增强效应, 而且增强效应的大小与超声频率有明显的依赖关系。

2 实验方法

2.1 实验装置

如图 1 所示, 主通道由 CFS-250-5 型超声波发生器和 28kHz 变幅杆式换能器 T1(直径为 10mm) 两部分组成; 辅助通道由 5130A 型频综

* 国家自然科学基金资助项目

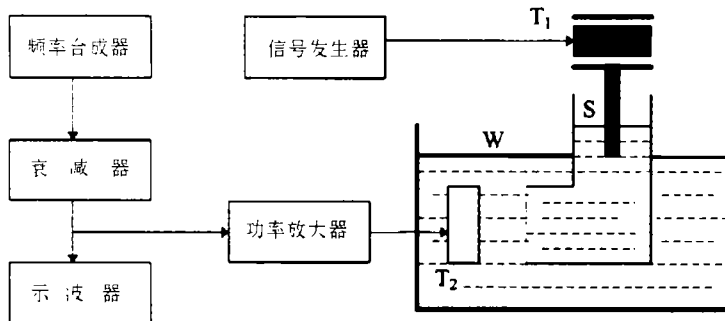


图 1 实验装置框图

仪提供各种不同频率的电信号,经 EIN-500A 型功放后激励有效辐射直径为 14.5mm 左右的三种不同频率的换能器 T2.VAC-11-100A 型衰减器及 COS5041 型示波器用于控制与监测功放的输入信号。样品容器采用内径为 21.5mm、铅直总高度为 50mm、水平总长度为 40mm 的直角形玻璃管。管壁厚 1.8mm。管的下端用人造植物薄膜封口并保持与 T2 的距离为 20mm,样品容器和 T2 置于除气水水浴中。

2.2 声化学产额的检测方法

如研究报道,电学法是检测声空化化学产额简易而有效的方法^[3],在一般条件下,溶于水中的氮与氧不发生反应,但在声空化伴随的高温与高压极端条件下,它们之间将发生反应,形成一氧化氮,并进一步与氧反应形成二氧化氮,再与水反应形成硝酸与亚硝酸,从而使水变成电解液,其电导率增加。这样,由电导率的变化即可研究声空化化学产额。

令水样品电导率在超声辐照前后分别为 σ_0 与 σ ,并设每个空化事件产生的离子数目相同,在这种情况下,样品的电导率变化将随空化事件成线性增加。则在 m 次空化事件作用下,样品的电导率可示为: $\Delta\sigma = \sigma - \sigma_0 = km$,式中 k 为一常数。在本实验中,电导率用 DDS-11A 型电导仪测定。

3 实验结果

实验中取 20ml 去离子水作为研究样品,

将超声变幅杆的端部插入样品中,然后调节主通道信号源的输出功率,保持信号源的屏极电流指示为 200mA。首先取 T2 为 0.87MHz 的换能器,并依次从小到大改变其声强,每次取新鲜样品并超声辐照 2min,测出相应的样品电导率的变化。结果如图 2 所示。然后再依次将 T2 换为 1MHz 和 1.7MHz 换能器并作上述相同的研究。结果如图 3 和图 4 所示。在上述图 2—4 中,上面的一条实线为低 MHz 与 28kHz 合作作用的结果,下面的一条实线为低 MHz 单独作用的结果,中间的虚线为低 MHz 与 28kHz 单独作用效应的代数和。图 5 中给出了图 2-4 中的合效应,以便比较。图 2-5 中的实线均为 6 组实验数据的平均值, I 为标准差范围,图左侧给出的是 28kHz 单独作用的结果。

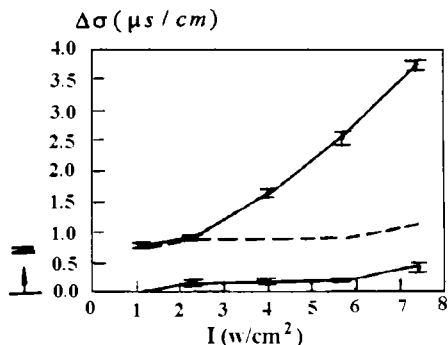


图 2 28kHz 与 0.87MHz 双频辐照的产额增强效应 (0.87MHz 声强变化)

4 讨论

(1) 由上述实验结果可见, 三种组合辐照方式的双频合效应均显著大于各频率单独辐照方式的效应之和. 例如 28kHz 与 1.7MHz 组合的双频辐照, 当取 1.7MHz 超声强度大于 $4\text{W}/\text{cm}^2$ 时, 其合效应约为单独效应之和的 1.4 倍 (见图 4); 当把 1.7MHz 改为 1MHz 或 0.87MHz 时, 其增强效应可达 1.5 倍以上, 高声强时可达 2—3 倍. 这种双频辐照对其声化学产额的增强效应, 定性上可简要解释如下: 一是在双频超声作用下, 各自产生空化过程, 当各自空化泡内爆时, 会产生许多新的空化核, 这些空化核不仅维持了该频率的自身再空化, 同时也会为另一频率的空化提供了更多的空化核. 二是实验时曾观察到双频辐照增强了样品的机械扰动, 有助于更多的空气经液体表面进入液体而导致空化核增加, 进而使声化学产额增强.

(2) 如果我们把辐照系统中的 28kHz 当作产生声化学产额的主通道, 而将低 MHz 级超声看作是辅助通道. 那么我们从图 2—5 会看到, 双频辐照的声化学产额增强具有明显的频率效应. 即其对增强的贡献为 0.87MHz 最强, 1.7MHz 最弱, 1MHz 居中. 如取低 MHz 级超声声强为 $6.5\text{W}/\text{cm}^2$ 时, 它们对 28kHz 超声声化学产额的增强大约分别为 4.4 倍、3.2 倍、1.8 倍, 这样的频率效应恰与使用单频辐照时的研究结果^[4]一致, 它可解释为液体样品中原有空化核最可几分布的对应频率低于 0.87MHz.

参 考 文 献

- 1 冯若、李化茂. 声化学及应用, 安徽科技出版社, 1992, 1-5.
- 2 林仲茂. 应用声学, 1993, 12(3): 1-4.
- 3 Mo Xiping, Feng Ruo, Zhou Hui, et. al. *Acoustics Letters*, 1992, 15(2): 257-259.
- 4 Jinlan Huang, Ruo Feng, Changping Zhu, et. al. *Ultrasonics sonochemistry*, 1995, 12(2): 93-97.

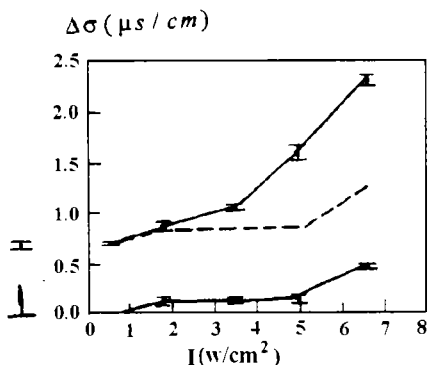


图 3 28kHz 与 1MHz 双频辐照的产额增强效应 (1MHz 声强变化)

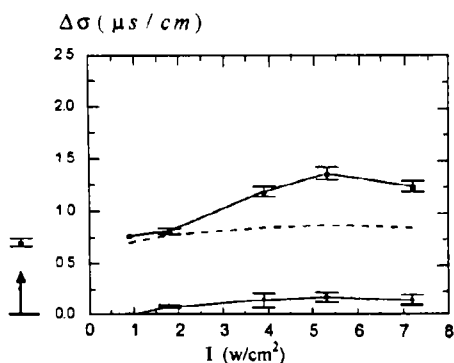


图 4 28kHz 与 1.7MHz 双频辐照的产额增强效应 (1.7MHz 声强变化)

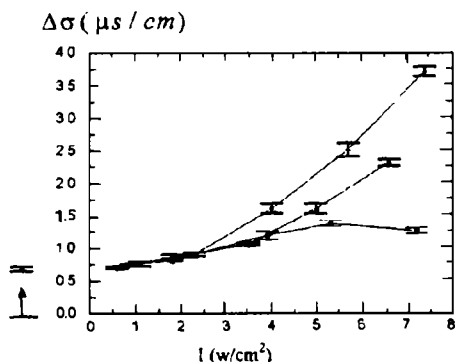


图 5 28kHz 与不同低 MHz 级超声组合双频辐照时的声化学产率 (低 MHz 级超声强度变化)

图中上、中、下三条线分别对应 0.87MHz、1MHz 及 1.7MHz