

用碘释放法研究双束超声辐照的 脉冲空化峰 *

朱昌平¹ 冯 若² 许坚毅² 王双维³ 尹业高¹ 张 檣²

¹(湖北省荆州师院 荆州 434100)

²(南京大学近代声学国家重点实验室 南京 210093)

³(东北师范大学物理系 长春 130024)

1999 年 8 月 30 日收到

摘要 本文使用双束同频脉冲超声水平正交辐照, 通过碘释放法检测, 发现双束同频水平正交辐照亦可观察到明显的空化峰现象及声化学产额增长。

关键词 双束超声, 空化, 碘释放, 脉冲峰, 声化学产额

Study on the pulse cavitation peak of bi-beam irradiation ultrasound by iodine release method

Zhu Changping¹ Feng Ruo² Xu Jianyi² Wang Shuangwei³ Yin Yegao¹ Zhang Qang²

¹(Jing Zhou Teachers' College, Hubei, Jingzhou 434100)

²(State key Laboratory of Modern Acoustics, Nanjing University, Nanjing 210093)

³(Department of Physics, Northeast Normal University, Changchun 130024)

Abstract We used a bi-beam pulsed ultrasound irradiation with the same frequency to study its effect on the sonochemical yield by iodine release method, The result has shown a significant cavitation peak, i.e. an enhancement of the sonochemical yield under a definite pulse width.

Key words Bi-beam ultrasound, Cavitation, Iodine release, Pulse peak, Sonochemical yield

1 引言

本世纪 80 年代中后期, 声化学作为一门新兴的边缘学科开始形成, 并得到了科学界与

企业界的重视。声化学基础研究的一个重要问题是研究声场参数与声化学产率之间的关系^[1], 特别是声波波形对声化学产率的影响^[2-4], 国内外以往的研究均以单束为主, 本文

* 湖北省教育厅 (99A089) 资助和国家自然科学基金 (19574023) 资助项目

使用双束同频脉冲超声水平正交辐照, 通过碘释放^[5]检测, 研究了脉冲宽度与声化学产率间的关系, 结果表明双束同频水平正交辐照亦可观察到明显的空化峰增强, 即声化学产额增大现象。

2 实验

2.1 实验装置

如图 1 所示, 由 FG-163 宽带函数发生器提供电信号, 经 EIN-500A 型功放后并联激励 PZT 压电换能器 T_1 和 T_2 , UAC-77-100A 型衰减器及 COS5041 型示波器分别用与控制与监测功放的输入信号。

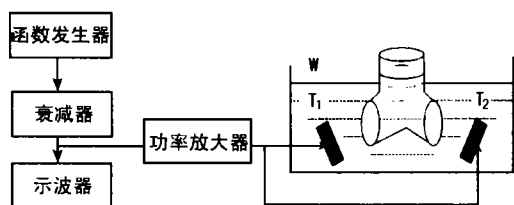
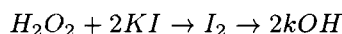
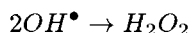
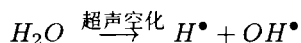


图 1 实验配置图

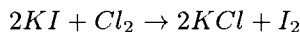
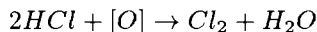
样品容器采用内径为 21.5mm、壁厚 1.6mm 的玻璃管做成一个三维直角坐标状, 其垂直总高度为 55mm、两下端口向 T_1 和 T_2 方向的水平外延长度分别为 13mm 和 14mm。两下端口用人造植物薄膜封口并保持与 T_1 和 T_2 的距离分别为 41.5mm 和 31.5mm。 T_1 和 T_2 及样品容器置于一除气水水浴中, T_1 和 T_2 的有效辐射面积的直径分别为 14.2mm 和 14mm。

2.2 空化产额的碘释放法检测方法

已有研究报道^[5]: 含一定溶解空气的碘化钾水溶液经超声辐照后, 碘离子会形成碘分子析出, 有关反应如下:

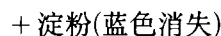
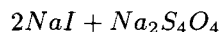
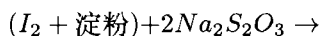
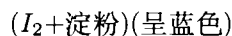


如在溶液中加入少量四氯化碳, 可使碘的析出量明显增大, 化学反应为:



其中 $[O]$ 为被空化活化了的溶液中的氧。

如在溶液中加入少量淀粉, 则碘遇到淀粉呈蓝色, 再采用硫代硫酸钠溶液滴定, 当滴定完成时, 溶液恢复为无色, 反应如下:



这样, 由硫代硫酸钠的滴定消耗量可确定 I_2 的释放量, 并把它视为声化学反应的产额。

3 结果

实验时先调节函数发生器使激励 T_1 与 T_2 的载波频率为 1.06MHz、使 T_1 与 T_2 发射的脉冲峰值声强分别为 $9.4W/cm^2$ 和 $5.9W/cm^2$, 然后将函数发生器调至通断比为 1:1 的方波调制状态。并由小到大改变调制波的周期, 每次取摩尔浓度为 0.2M 的 25ml 碘化钾溶液和 0.3ml 四氯化碳辐照 2min。然后加入少量淀粉并用摩尔浓度为 0.01M 的硫代硫酸钠来滴定, 测出相应的硫代硫酸钠用量, T_1 与 T_2 单独作用的结果如图 2 下面的两条实线所示, T_1 与 T_2 同时辐照的结果如图 2 上面的一条实线所示。图中实线均为 6 组实验数据的平均结果, I 为标准差范围, 虚线是 T_1 与 T_2 单独作用结果之和。

4 讨论

由上述实验结果表明:

(1) 同频双束脉冲超声的水平正交辐照,

如同非同频双束连续波超声的垂直正交辐照^[6]，同样给出明显的化学产率增强效应，如取适当脉宽，双束同时辐照的产率可为分别辐照产率之和的 2-3 倍。

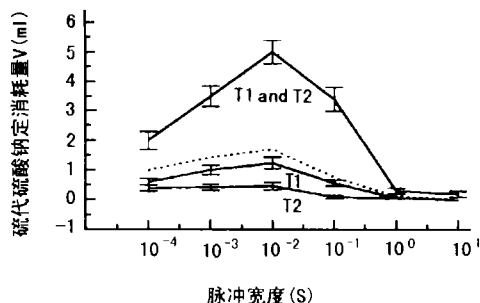


图 2 脉冲声强为 $9.4\text{W}/\text{cm}^2$ 和 $5.9\text{W}/\text{cm}^2$ 时的实验曲线

导致产率增强的原因可能为：

(a) 由于同时辐照增强了研究样品的机械扰动，从而使水表面的空气进入水中的机会增加，从而使水中更易形成更多的空化核。

(b) 空化产率主要产生于空化泡内爆瞬间形成的高温、高压等极端物理条件。当我们选用双束辐照时，各束辐照除能完成单独的空化过程，形成对空化产率的贡献 $V_1 + V_2$ 外，还能另一束超声辐照互相提供附加的空化核，

从而出现附加的空化产额贡献 $V_{12} + V_{21}$ 。

(2) 当脉冲超声辐照声强增大到一定值时，如 $9.4\text{W}/\text{cm}^2$ ，即可在脉冲宽约为 10ms 处观察到脉冲空化峰现象。双束同时辐照时可使此空化峰大大增强。可见在本实验设置的辐照情况下，产生空化峰的单束超声阈值声强大约为 $9.4\text{W}/\text{cm}^2$ ，它远比自下向上的垂直辐照阈值声强^[4]大，又远比行波场的阈值声强^[7]小。

产生脉冲空化峰的原因仍可能是脉冲重复频率与被辐照样品本征振动频率发生共振的结果。详细的理论分析工作尚待进行。

参 考 文 献

- 1 冯若. 物理学进展, 1996, **16**(3,4): 402-411.
- 2 Feng R, Wang S W, Zhu C P, et al. *Annual science Report Supplement of Nanjing University*, 1994, **30**(2): 9-15.
- 3 Wang Shuangwei, Feng Ruo, Mo Xiping. *Ultrasonics Sonochemistry*, 1996, **3**(1): 65-68.
- 4 Wang Shuangwei, Feng Ruo, Mo Xiping. *Ultrasonics Sonochemistry*, 1996, **3**(1): 69-71.
- 5 Weissler A, Cooper W, Snyder S. *Amer.Chem.Soc.J.*, 1950, **72**: 1769-1775.
- 6 冯若, 朱昌平, 赵逸云. 科学通报, 1996, **42**(9): 925-928.
- 7 Flynn H G. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1984, **76**: 505-512.

(上接第 21 页)

- 2 黄广伦, 杨毅生, 黎阳等. 压电与声光, 1994, **16**(1): 1-3.
- 3 秦廷辉, 黄广伦, 欧黎. 压电与声光, 1993, **15**(1): 9-11.
- 4 秦廷辉, 周平, 朱勇等. 压电与声光, 1998, **20**(6): 361-363.
- 5 Hiromi Yatsuda. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency control*, 1997, march, **44**(2): 453-459.
- 6 Shokichiro Yoshikawa, Hiromi Yatsuda, Osamu Yano. *The Transactions of The IEICE*, 1989, June, **E72**(6): 751-757.

- 7 Solie L. *Proc.IEEE Ultrason. Symp.*, 1998, U.1.
- 8 Campbell C K, Ye Y, Papa J S. *IEEE Trans, Sonics and Ultrason.*, 1982, July, **SU-29**(6): 224-228.
- 9 A.P.Van de Heuvel. *Applied Phys Lett*, September 1972, **21**: 280-282.
- 10 曹亮, 黄广伦, 秦廷辉. 宽带低相位波动滤波器研制. '98 全国声学学术会议论文集. 成都, 1998 年, 373-374.
- 11 Hartman C S, Abbott B P. 1989 *IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings*, 79-89.