

# 超声换能器位置对碘化钾溶液 碘释放影响的研究<sup>\*</sup>

沈壮志 尚志远

(陕西师范大学应用声学研究所 西安·710062)

**摘要** 本文用碘化钾溶液作为样品对双频超声在同向、正交、相向辐射时溶液中碘释放进行了初步研究。结果表明:双频超声辐射效果比单频辐射好,同向超声辐射要比正交、相向效果好,它显示出声化学产额与换能器的位置有关,并对此现象予以分析解释

**关键词** 声化学产额,双频超声辐射,换能器位置

## Study on the iodine release of KI solution by ultrasonic irradiation under the condition of the transducer position variety

SHEN Zhuangzhi SHANG Zhiyuan

(Applied acoustic institute Shanxi Norm Univ. Xian·710062)

**Abstract** In this paper, we regard KI solution as a sample and study iodine release in the KI solution by the two low frequencies ultrasonic irradiation in the same, orthogonal, opposition directions. The results show that effect of bifrequency ultrasonic irradiation is better than that of single-frequency ultrasonic irradiation. The same direction ultrasonic irradiation effect is better than any other ultrasonic irradiation. It shows that sonochemistry yield depends on position of transducer, which is analysed and explained by theories.

**Key words** sonochemistry yield, bifrequency ultrasonic irradiation, position of transducer

### 1 引言

自从 Richard 和 Loomis<sup>[1]</sup> 在 1927 年首次发表了超声的化学效应以来,人们对超声在化学反应上的应用表现出极大的兴趣,目前超声广泛地应用于焊接、粉碎、有机合成、乳化、高分子化合物的聚合与降解等等,所有这些应用都归于声空化的作用。

所谓声空化<sup>[2]</sup>是指存在于液体中的微

气泡(空化核)在声场作用下振动、生长和崩溃闭合的动力学过程。在气泡迅速收缩时,泡内的气体或蒸汽被压缩而产生局部的高温(5000°K)和高压(1000atm)即所谓的“热点”<sup>[3]</sup>,这些“热点”是声化学反应的主要因素,“热点”的产生,伴随着发光、冲击波,并在水溶液中产生声化学反应的中间产物——自由基 OH<sup>[2]</sup>。目前,在声化学中大都使用低频(20kHz~80kHz)超声波,近来也有人<sup>[4]</sup>用

\* 本文由国家自然科学基金资助

第一作者:沈壮志,男,1966年12月生,硕士研究生

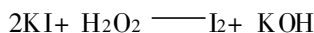
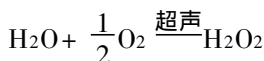
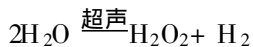
收稿日期:98-11-5;修回日期:98-12-10

低频 28kHz(变频杆)与高频 1MHz 左右的超声波组合起来研究声化学产额,已取得一些进展。但是在低频下,换能器在不同位置时双频超声辐射还未见报道,本文采用的频率为 24kHz 和 38kHz(都为喇叭型),在相同的输入电功率下组成同向、正交和相向辐射来初步研究碘释放的产额在不同功率段的关系。

## 2 实验方法

### 2.1 检测方法

早期研究可知<sup>[5]</sup>:含有一定溶解空气的碘化钾溶液经超声辐射后,碘离子会形成碘分子析出,反应方程式如下:



如在溶液中加入少量淀粉,并采用硫代硫酸钠溶液滴定,当溶液恢复无色时,由硫代硫酸钠滴定消耗量即可确定碘的释放量,并把它视为声化学的产额。但是由于碘化钾浓度(实验时配为 0.2M)很低,辐射时间(2min)短时释放出来的碘也很少,用硫代硫酸钠滴定不易观察颜色的变化,因而会给实验结果带来人为的误差。为了克服这一缺点,本文采用国产 751G 型分光光度计来检测碘(波长为 354nm)的吸光度,由于吸光度与待测物的浓度成正比,从吸光度上即可知道碘的释放量,从而避免硫代硫酸钠滴定的不足之处。

### 2.2 实验

#### 2.2.1 同向辐射

实验装置如图 1,图中 1、4 为低频信号发生器(XFD-7A 型);3、6 为功率计(美制 MI-SC3 型);2、5 为功率放大器(美制 2100L 型)。下述图 3、图 4 的仪器同此。

24kHz 和 38kHz 换能器的辐射端直径分别为 52mm、43mm,样品取浓度为 0.2M

的 125ml 的碘化钾溶液,置于壁厚为 2mm、底面尺寸为  $90 \times 58(\text{mm})^2$ 、高为 120mm 的有机玻璃槽中,液面深度为 25mm。

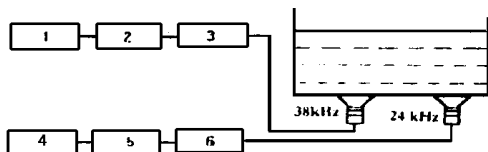


图 1 双频同向辐射实验装置框图

实验时先对单频超声辐射进行研究,再将 24kHz 换能器的电功率保持在 10W,然后依次改变 38kHz 换能器的输入功率(由小到大)进行双频同向超声辐射。实验中每次取新鲜样品,并辐射 2min,然后测出它的吸光度,实验结果如图 2 所示,图中 1 为 24kHz 单频辐射碘的吸光度与输入电功率的关系;2 为 38kHz 单频辐射碘的吸光度与输入电功率的关系;3 为 24kHz 和 38kHz 组合起来同向辐射时碘的吸光度与电功率的关系,数值为 4 次实验结果的平均值,图 5 图 6 同此说明。

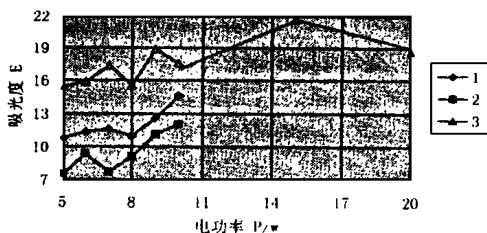


图 2 双频同向超声辐射碘的吸光度与电功率关系

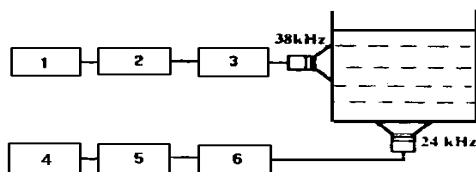


图 3 双频正交辐射实验装置框图

#### 2.2.2 正交与相向辐射

实验装置如图 3、4 所示,容器是底面尺寸为  $52 \times 52(\text{mm})^2$ 、高 74mm、液面深度 45mm 的有机玻璃槽,槽壁厚 2mm,实验方

法与同向辐射相同, 结果如图 5、6 所示。

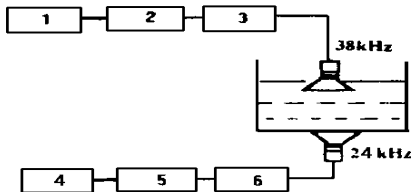


图 4 双频相向辐射实验装置框图

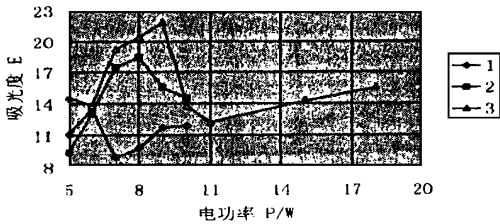


图 5 双频正交超声辐射碘的吸光度与电功率关系

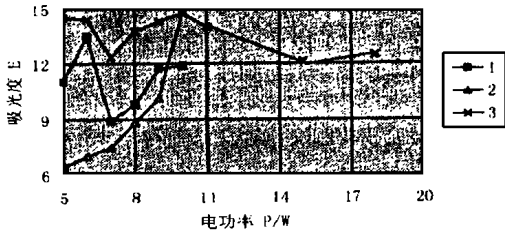


图 6 双频相向超声辐射碘的吸光度与电功率关系

### 3 结果讨论

首先来分析正交、相向两种双频辐射情况, 就单频 38kHz 超声来说, 由于换能器的位置、液面深度(对相向辐射, 由于辐射端有一小部分浸入液体中, 液面要上升)、超声能量在容器中的扰动<sup>[6]</sup>都不一样, 造成产额也不一样。从图 5、6 可见在 5W~9W 之间正交时 38kHz 换能器的效果较好, 随着电功率的增加, 正交时辐射效果下降, 而相向时辐射效果却一直很好。这一方面可能与换能器的位置及液面深度有关, 另一方面在电功率增加时, 出现了声喷泉<sup>[7]</sup>。正交时, 从侧面看一股喷泉射向容器底部, 另一股喷泉射向液面, 对液面进行扰动。而相向辐射时, 从换能器辐射端射出的两股喷泉都射向液面, 对液面

的扰动要大于正交情况, 故空气中的气体进入液体内部要大于正交情况, 因而空化事件增多, 产额也随之提高。

对双频辐射来说, 在 5W~9W 范围内吸光度正交是相向的 1.5 倍左右, 这种情况除了换能器位置、液面深度影响之外, 还与声波之间相互抑制<sup>[8]</sup>有关。由于 24kHz 和 38kHz 换能器的辐射面积相接近, 在 24kHz 保持电功率为 10W 不变时, 38kHz 换能器输入电功率从 5W 开始由小到大, 因而在 5W~9W 范围, 24kHz 换能器要比 38kHz 换能器的声强大, 这种抑制作用不明显, 于是增加。相向辐射时声与声之间的抑制范围要比正交辐射抑制范围大(正交只占 1/4 空间), 所以相向辐射要比正交辐射产额增加少。随着 38kHz 换能器输入电功率的增加, 两个换能器的声强逐渐相等, 声与声之间的抑制作用将变得明显, 于是出现了产额下降或增加缓慢。当 38kHz 换能器电功率逐渐增加时, 它的声强也逐渐大于 24kHz 换能器的声强, 于是它要冲破 24kHz 换能器的抑制作用, 产额又开始增加。由于正交时声的抑制范围小, 它的产额增加明显大于相向辐射的现象。当然, 双频辐射效果比单频好, 这不仅由于各自产生倍频、分频成份。而且还有组合而成的和频波及差频波成份, 这些不相干的成份迭加, 在容器中极易形成均匀的混响场。

再来分析同向与正交的情况, 从图 2 可看出同向辐射无论是单频还是双频, 碘的吸光度随输入的电功率变化没有大起大落现象, 而正交辐射却相反(如图 5)。这可能是由于容器底面尺寸、液面深度、换能器位置不一样, 造成不同频率的声波在容器中的扰动不一样, 出现了产额起伏变化也不一样的现象。对于双频同向辐射来说, 由于底面尺寸大于正交时底面尺寸, 所以在输入电功率 5W~9W 不变条件下, 双频同向辐射单位体积内声能密度要小于正交时单位体积内声能密度, 致使产额上升缓慢(相对于正交而言)。

随着 38kHz 换能器的输入电功率增加, 单位体积内的声能密度也增加, 同时同向辐射对液面扰动的幅度也增大, 空气中的气体进入液体的数量也增多, 即空化事件增多, 声化学产额也增加。随着电功率进一步增加, 声强也随之增加, 这时 38kHz 换能器附近将形成声屏蔽, 阻止声能有效进入液体, 致使产额下降, 对于正交情况来说, 即使 38kHz 换能器形成声屏蔽, 但下底面 24kHz 换能器的声微流会冲散这种声屏蔽, 从而使 38kHz 换能器的声强有效进入液体, 致使产额增加。而同向辐射时 24kHz 换能器无法做到这一点, 所以会有产额下降的情况。

## 4 结论

综上所述, 在所研究的情况下, 同向辐射效果要比正交辐射好, 正交辐射效果要比相向辐射好。

本文实验中检测仪器由我校化学系胡道博士提供, 在此表示谢意。

## 参考文献

- 1 W. T. Richards, A. L. Looms. *J. Am. Chem. Soc.*, 1927; 49: 3086
- 2 林仲茂. *应用声学*, 1993; 12(1): 1~ 5
- 3 I. Z. Shirgaonkar, A. B. Pandit. *Ultrasonic Sonochemistry*, 1997; 4: 245~ 253
- 4 陈兆华, 朱昌平, 赵逸云等. *声学技术*, 1997; 16(4): 192~ 197
- 5 A. Weissler et al. *J. Am. Chem. Soc.*, 1950; 72: 1669~ 1775
- 6 J. Reisse, T. Caulier. *Ultrasonic Sonochemistry*, 1996, 3: S147~ S151
- 7 J. - L. Laborde, C. Bouyer, J. - P. Caltagirone. *Ultrasonics*, 1998; 36( 1~ 5): 581~ 587
- 8 钱祖文. *非线性声学*. 科学出版社, 1992: 101~ 102

---

(上接 31 页)

- 2 绩光绪. *食品工业*. 台湾徐氏基金会出版, 1974: 670~ 674
- 3 何公章. *肉食品加工工艺*. 浙江科学技术出版社, 1988: 98~ 101
- 4 Huamao LI(李化茂), Yu hua LI(李宇华) and Zhouhua LI(李宙华). The heating phenomenon produced by an ultrasonic fountain. *Ultrasonics Sonochemistry*, 1997; 4: 217~ 218
- 5 Huamao LI(李化茂). Cavitation concentration,

Proceedings of the International Symposium on Hydroacoustic and Ultrasonics. Technical University of Gdansk and Naval Academy in Gdynia, 1997: 151~ 152

- 6 Huamao LI(李化茂), Jiahong Lü(吕家鸿) and Yuanling Lu(卢源陵) et al. Ultrasonic method for breaking through ice block. *Ultrasonics World Congress 1977 Proceedings*. Tokyo Institute of Technology, 1997: 414~ 415