

超声空化场的影像研究

李化茂 谢安东 钟凡 万慧军 刘丽君

(吉安师范专科学校物理系/化学系 江西吉安·343009)

冯若 (南京大学声学研究所 南京·210093)

1 引言

本文作者李化茂、冯若于1996年7月7~11日在英国剑桥大学召开的欧洲声化学学会第五次会议(ESS5)上看到,约有26个国家的180多位科学家和13家厂商参加了会议,宣读论文近百篇。1998年5月10~14日在德国罗斯托克(Rostock)又将召开它的第六次会议(ESS6),超声在化学和材料科学中的应用,以及声化学和声物理的基础研究再次把声学 and 化学热熔起来。令人更为惊奇的是,以政治和军事为目的的北大西洋公约组织(NATO)竟也以声化学和声致发光高级研讨会(NATO Advanced Study Institute on Sonochemistry and Sonoluminescence)的活动形式,作为它的国际科学交流计划之一,于1997年8月18~29日在美国利文沃(Leavenworth)召开……如此红火崛起的声化学的确在不断印证着它与热化学和光化学具有几乎等同的地位^[1-3]。但就声化学研究的首要目标——提高声化学反应产额而言,了解和调控好反应器内化学反应的主动“超声空化场”的分布至关重要。虽然迄今已有声参数测量法、量热法、腐蚀法、空化噪声法和化学计量法在应用或试用^[4],但它们均较麻烦、不便于实际使用。本研究的影像法既可直接用肉眼观看到超声空化场的整体分布,又可照相记录下来。

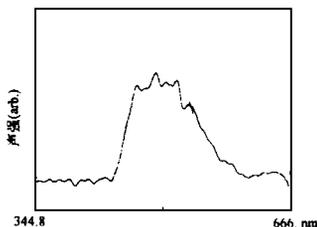
2 原理

根据作者提出的声致化学发光增强原理^[5],在碱性溶液中,使化学冷光剂鲁米诺经超声空化氧化过程获得了它的增强光谱。如图1所示,其发射波长主要落在可见光400~700nm之间,峰值波长测量值为427.4nm,呈浅蓝色。便于彩色胶卷感光成像。

3 实验方法和结果

(1)采用轴对称声化学反应器,其形状如同倒置的滴液漏斗,见图2(a)。实验时,容器下部的磨口处以透声薄膜。注入浓度为5%的KOH水溶液,但留有小部分空间与大气相通。撒入微量粉状鲁米诺。将频率1.45MHz电功率25W的超声经自来水和透声薄膜传入溶液,使之空化氧化发光。暗室内肉眼可见

浅蓝色的光充盈于溶液中。采用普通相机和特定感光胶卷,可近距离拍摄到溶液声致化学发光时的影像。如图2(b)所示,由这种影像表现出来的超声空化场是基本对称和均匀分布的。



超声激发频率: $f_{ex} = 1.45\text{ MHz}$

峰值发射波长: $\lambda_{max} = 427.4\text{ nm}$

测量仪器: Spex 1403 双单色仪(美国)

图1 luminol-KOH水溶液的声致发射光谱



(a)

(b)

图2 轴对称声化学反应器内超声空化场的影像

(2)采用非对称声化学反应器,其形状如同二口连接管,见图3(a)。实验时,基本作法同(1),但所得影像有明显差异。如图3(b)所示,由这种影像表现出来的超声空化场是不对称、不均匀分布的,而且在偏离超声直射传播中上斜弯曲的弯道处明显加强。



(a)

(b)

图3 非对称声化学反应器内超声空化场的影像(之一)

如将这种反应器倒置使用,同时将超声从弯管端口(同样缠有透声薄膜)传入,见图4(a)。实验时,基本作法同上,但所得影像另有特征。如图4(b)所

示,由这种影像表现出来的超声空化场是不对称、不均匀分布的,此外,还在超声传播途中的扩展端和凹面反射端之间表现更强。



(a)

图4 非对称声化学反应器内超声空化场的影像(之二)

4 结论和讨论

图2表明,相对于超声直射传播而言,采用对称式声化学反应器可在其反应溶液中建立起对称和均匀分布的超声空化场,这有利于整体溶液声化学反应的一致性。图3和图4表明,采用非对称声化学反应器时,反应溶液中建立起来的超声空化场是不对称、不均匀分布的。图3(b)表现的空化场分布的偏离现象,可解释为超声辐射力和空化时的声冲流在这种构形容器中偏离了超声直射传播方向,使得近距离的大量空化事件驱向弯曲道口。图4(b)还表

明,超声空化场的分布可以弯曲引导,并使较强的超声空化场引发在声化学反应器的主体部位(如上述超声传播管道的扩展端和凹面反射端之间)。

图1~4足以说明,采用增强的声致化学发光,和以此为光源的影像法,可以直接观看和记录到声化学反应时超声空化场的整体分布情况,这对于声化学反应器的设计和改进是非常适宜的^[6,7]。

本研究由江西省自然科学基金和吉安师专科研基金资助。

参考文献

- 1 李化茂,冯若,肖新民. 应用声学, 1992; 11(3): 46
- 2 冯若,李化茂. 声化学及其应用. 安徽科学技术出版社, 1992; 序(载安邦), 前言
- 3 林仲茂. 应用声学, 1993; 12(1): 1~5
- 4 方启平,颜忠余,林仲茂. 声学技术, 1994; 13(4): 184
- 5 李化茂,肖新民,冯若等. 应用声学, 1993; 12(4): 41
- 6 Alan J. Walton, Geo. T. Reynolds. Advances in Physics. 1984; 33(6): 620
- 7 赵逸云,冯若,鲍慈光等. 应用声学, 1994; 13(2): 44

超声雾化对声压谱和声化学反应的影响

刘金春 彭逸华

(苏州城建环保学院 苏州·215011)

1 引言

空化动力学^[1]表明,只有当气泡自然共振频率高于声波频率,气泡才能经历溃灭过程,形成局部瞬间高温和高压,为声化学反应提供有利的环境条件,这种空化称为有效空化。特定频率的声波,有效空化的气泡共振半径与其起始尺寸(即空化核的尺寸)密切相关。空化核尺寸太大,在声波负压相内可生成较大的气泡,以致其共振频率低于声波频率,不能构成有效空化事件;空化核尺寸太小,声波负压相的压力不足以克服气泡表面张力使之生长到一定的半径而发生溃灭。因此,超声波的有效空化与液体中空化核的尺寸分布和声场中的频谱密切相关。

2 实验装置和方法

2.1 声源和反应容器

如图1所示,超声源为CQ-50超声清洗器(上海超声仪器厂),驱动频率 $f_1 = 33\text{kHz}$,换能器激励电功率50W,清洗水槽直径和深度分别为12.5cm和

8cm,反应容器为50ml的锥形平底玻璃瓶。

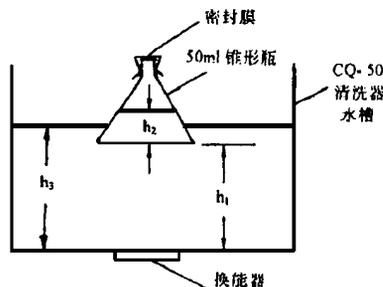


图1 实验装置

忽略表面张力的影响, Minnert^[2]给出的水中气泡的自然共振频率 f_r 为

$$f_r = (1/2\pi R_c) (3kP_h/\rho)^{1/2} \quad (\text{Hz})$$

式中, ρ :水的密度(kgm^{-3}), R_c :气泡的共振半径(m), k :可变指数,从泡内气体的比热比 γ (绝热条件)变到1(等温条件), P_h :水的环境静压力(Pa)。

对超声波的主频 f_1 ,在 $P_h = 1.013 \times 10^5$ (Pa), $K = 1$, $\rho = 1000\text{kgm}^{-3}$ 下,气泡的共振半径 $R_c = 8.4 \times$