

输入电功率在大范围内变动时声致发光 与电功率之间的关系*

刘 岩

(青海省环境科学研究所 西宁市 810007)

1993 年 12 月 22 日收到

摘要 采用频率为 1.1MHz , 声辐射面积为 3cm^2 的换能器, 在输入电功率 $0\sim 120\text{W}$ 范围内研究了被空气自然饱和的纯水中声致发光强度和输入电功率在大范围内变化时的关系。结果表明, 声致发光在输入电功率为 $70\sim 90\text{W}$ 之间, 不再随输入电功率的增加而增加, 呈现出饱和现象。在饱和值的出现前, 发光强度随输入电功率的增加呈不规则的阶状增加; 在饱和值结束后, 随输入电功率的增加, 发光强度迅速减小。本文对实验结果进行了些定性的讨论。

关键词: 超声波, 声致发光强度, 输入电功率

* 南京大学近代声学国家重点实验室资助

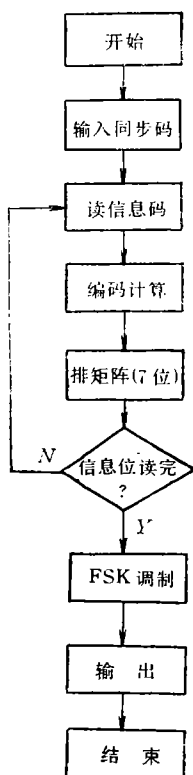


图 4 汉明码编码流程图

4 主要性能

(1) 工作频率

$2.5\text{kHz}\sim 10.0\text{kHz}$ (起伏 $\pm 3\text{dB}$)

单作信号源可输出 $100\text{Hz}\sim 6\text{MHz}$
(12MHz)

基带信号

(2) 调制方式 ASK, 2FSK (可扩展)

(3) 编码形式 可自由选择

(4) 编元宽度 可自由选择

(5) 输出功率 500W (可增大至 1000W)

(6) 换能器工作深度 不受限制 (5m 以内 发射功率 100W)

(7) 重量 30kg (含换能器)

由本设计制作的样机, 经过多次水池、水库和海上试验, 遥控及编码通信十余次。每次连续工作都在 4 小时以上, 实践证明使用方便, 工作可靠。

The relation between sonoluminescence and electrical power at a wide range of the input power

Liu Yan

(Qinghai Institute of Environmental science, Xining 810007)

Abstract Ultrasonic transducer with frequency 1.1 MHz was used to induce sonoluminescence (SL) from air saturated water at the input electric power in the range of 0—120 W. We found the SL intensity change with input electric power, a peak appear at the input power between 70—90 W. In forward position of the peak, SL intensity change as several steps with input electric power increased, in the end of the peak, SL intensity decreased sharply with increasing input electric power.

Key words Ultrasound, Sonoluminescence intensity, input electric power

1 引言

声致发光是空化效应伴随的一种光的弱发射现象^[1],它是由各种引起扩张的外力引起^[2],实验中多采用超声波引发声致发光。其机制是目前得到广泛认证的“热点”机制。空化核在声场的压缩相位内的不可逆内坍塌(collapse)导致空化核内的内含物及液-气界面介质白炽化而辐射出光子^[3]。近年来,不少研究者已开始对声致发光的可能应用产生兴趣^[4-6],这样,声致发光的影响因素就成为一个研究内容。温度对声致发光的影响已有定论^[7],声强或输入电功率*参量对声致发光的影响的研究则很少报道^[8]。最近,我们采用一套声致发光自动检测系统,研究了被空气自然饱和的纯水的声致发光与输入电功率在较大范围内变化时的关系,得出了一些不同于前人的实验结论,并对之进行了定性的探讨。

2 实验部分

实验装置如图1所示,声致发光池的几何尺寸见图2。

连续激励信号由一台 Wavetek-Rockland 5310A 频综仪提供,经一台 TDK UAC-77-

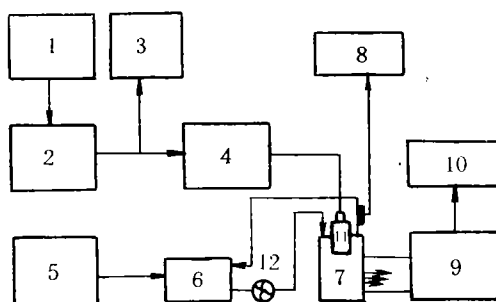


图1 实验装置示意图

1.频综仪 2.衰减器 3.示波器 4.功率放大器 5.温控器 6.恒温水浴 7.声致发光池 8.温度传感器 9.光-电转换装置 10.灵敏检流计 11.1.1MHz 超声换能器 12.循环水泵

100A 衰减器衰减后一路信号输入 HP 1715A 示波器进行信号监控,另一路输入 ENI 2100L 型功率放大器放大,驱动 1.1MHz 超声换能器($\pm 10\text{K}$, 上海交通大学医用超声研究室加工,为功率型),其声辐射面 3cm^2 。声致发光池用玻璃制成(详见图2),为 $\Phi 5.5\text{cm} \times 6.0\text{cm}$ 的圆柱形腔体,池外壁包覆一层反光性能良好且绝热的材料,侧面开有一个 $2.0\text{cm} \times 3.0\text{cm}$ 的透光窗,池顶部设有循环水导管,外覆深色材料吸收杂散光以防止外界光线引入池中。发光池

* 由于实际中对空化声场中的声强计量的困难,实验中常用电功率表征。

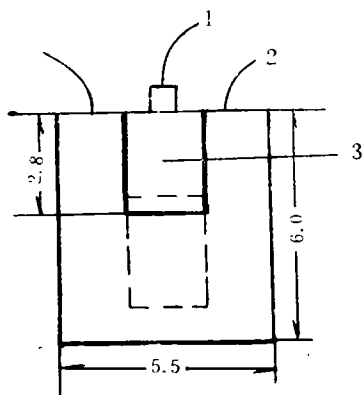


图2 声致发光池几何尺寸(单位 cm)

---- 表示透光窗的位置

1. 同轴电缆 ($\phi 3.2\text{mm}$) 2. 循环水导管 ($\phi 2.0\text{mm}$)

3. 1.1MHz 换能器

内的循环水由一台 JW-0.001 型恒温水浴提供,在出水导管中设置一台 JYD-1 型数字式温度传感器($\pm 0.1^\circ\text{C}$,带膜电极溶解氧测定探头)。微弱的声致发光信号经一凸透镜($\phi 3.0$, $f = 3.5\text{cm}$)引入由一台 721 型分光光度计(上海雷磁仪器厂产)改制的光电转换装置,转化为电信号,经放大后直接驱动一台灵敏检流计读数。

实验方法 恒温水浴内置被空气自然饱和的亚沸蒸馏水,温度恒定在 $298 \pm 0.1\text{K}$ 。实验中声致发光池的水循环量为 25ml/min ,以防止换能器及溶液的声吸收所生成的热量和带走不会空化的体积较大的少量气泡,减少声散射使声致发光值稳定。光电转换装置置 $\times 4$ 档,检流计衰减档置 $\times 0.1$ 。换能器的输入电功率从 $0-120\text{W}$ 之间适当选取,检流计读出的光电流值 ($\text{nA} \times 3$) 即表征声致发光的绝对强度。

3 结果与讨论

实验结果见图 3。这个实验曾重复百次以上,结果都相同或接近。从图 3 的实验曲线可以看出,声致发光强度与输入电功率之间呈现出较复杂的关系。随输入电功率的增加,声致发光强度呈不规则的阶状增加,分别在输入电功率为 30W 、 40W 、 50W 、 70W 处出现明显的折点,当输入电功率在 $70-90\text{W}$ 之间时,声致发

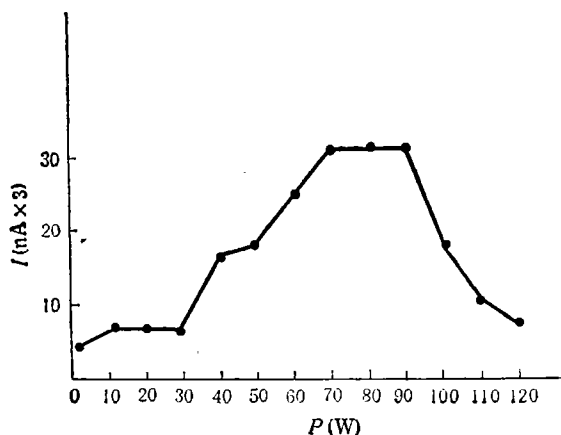


图3 声致发光强度 I 与输入电功率之间的实验曲线

光强度不再变化而呈现出饱和现象。但当电功率增加至 $100-120\text{W}$ 时,声致发光强度迅速下降,下降过程中无明显的转折点。

将上述实验结果与文献[8]中比较,有较明显的差异。首先在声致发光出现饱和值前呈现明显的不规则阶状增加,在声致发光达到饱和的区域内,发光强度随输入电功率的改变呈平台状。

声致发光的阶状增加,与空化引发的 OH 自由基被 TA (对苯二甲酸) 溶液捕获后的荧光光谱测量结果有相似之处。冯若等^[9]在对 TA 水溶液声致自由基的研究结果表明,在低声强时,空化引发的 OH 自由基的量 $\bar{Y}$ 与声强 I 之间的关系曲线呈现出一定的阶梯状增加。出现明显转折点的位置分别对应 $0.3\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ 、 $0.6\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ 、 $1.1\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ 处。可见,在空化声场中,空化效应伴随的二次效应如声致发光,声致自由基的量,它们和声强或输入电功率之间呈现一定的相似性。Macleay 和 Holroyd 对 Noltingk-Napprias 方程的数值分析中曾得到一个重要的结论^[10]: 在空化声场中,空化核的运动分为两类,第一类在声场中随声场相位变化体积同步变化,此类空化核处于稳态;第二类则在声场的膨胀相位体积突然增大时与声场的相位不同步,在下一个压缩相位内不可逆坍塌而产生空化效应。对于处于第一种状态的

(下转第18页)

频率越高, A 计权时的权值就越大。从图 6 可以看出: 管道为 $\phi 300\text{mm}$ 时, 消声后高频部分的声级较低; 而管道为 $\phi 200\text{mm}$ 时, 由于通风系统工况的改变, 其高频部分在消声后却显得较高。因而就出现了上述现象。

4.3 $\phi 300\text{mm}$ 、 $\phi 200\text{mm}$ 管道的截止频率分别为 650Hz 和 980Hz 。文中试验用的低通滤波器是针对 $\phi 300\text{mm}$ 管道设计的, 但试验是在同一频段进行的。如将频段上限扩展到 980Hz , 在其它条件相同的情况下, 从理论上讲, 在 $\phi 200\text{mm}$ 管道上所取得的消声量必定比在 $\phi 300\text{mm}$ 管道所取得的消声量大。当然这种情况下的试验工作我们尚未进行。

5 结论

通过研究, 我们可以得出如下结论:

1. 气流对有源降噪系统的影响很严重, 尤其是气流速度很高时。因此必须抑制。

(上接第41页)

空化核, 由于其处于介稳状态, 当声场中产生微扰时, 会改变为第二类空化核, 形成空化效应。因此, 一种可能的解释是: 当输入电功率改变时, 在一定范围内改变了第一类空化核的介稳态, 使之参与了空化效应, 从而影响了声致发光值。

4 结语

通过上述的实验研究, 结果表明, 声致发光强度与输入电功率, 在大范围内变动时两者之间关系较复杂, 归结起来有如下特征:

4.1 在输入电功率 $\leq 70\text{W}$ 时, 随着电功率增加, 声致发光呈现出规则的阶状增加;

4.2 在输入电功率 $70\text{—}90\text{W}$ 间, 声致发光值呈现不再随电功率的改变而改变的饱和现象;

4.3 在输入电功率 $\geq 90\text{W}$ 时, 声致发光值迅速减小, 且单调减小无阶状改变现象。

依据有关理论对上述实验现象做了些定性探讨。

2. 抑制气流影响的有效方法之一是使用抗湍流传声器探管。我们研制的传声器探管抗湍流性能良好。相干测量和降噪试验都充分证明了这一点。

3. 我们研制的管道有源降噪系统性能稳定、消声频带较宽、消声量较大、适应能力强。如与传统的噪声控制手段相结合, 可能对几乎整个音频范围的噪声进行有效的控制。

参 考 文 献

- [1] Glenn E. Warnaka. Noise Control Engineering, May-June 1982, **18**(3):100—110.
- [2] Hiroshi Kanai, Akihiro Shima, Masato Abe. *et al*, Inter-Noise 87, 1987, 517—520.
- [3] Shepherd, I C La Fontaine K F and Cabelli. A *J. Sound and Vib.* 1989, **130**(1):125—135.
- [4] Widrow B and Stearns. S D Adaptive Signal Processing, Prentice-Hall. Inc. 1985.
- [5] Neise, W J. *Sound and Vib.* 1975, **39**(3): 371—400.
- [6] 佟德纯. 工程信号处理及应用, 上海交通大学出版社, 1989 年 11 月.

致谢 感谢南京大学声学研究所冯若教授的热情帮助。上海交通大学孙福成副教授为本实验提供换能器, 南京大学声学所研究生黄金兰协助处理部分数据, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] Reynolds G T, Wolton A J and Grnner S M. *Rev. Sci. Instrum.*, 1982, **53** (11): 1673—1676.
- [2] Verrall R E and Sehgal C M, *Ultrasonics*, 1987, **25**(1): 29—30.
- [3] Suslick K S, *Science*, 247, 1990, 1439—1445.
- [4] Groskii S M, Karev I D, Terent'ev I G and Chernov V V, *Sov. Phys. Acoust.*, 1989, **35**(2): 216—217.
- [5] Suslick K S *ed. al.*, *Ultrasound: Its Chemical, Physical and Biological Effect*. VCH Publisher Inc., 1988, 284.
- [6] 刘岩. 应用声学, 1991, **10**(6): 16—19.
- [7] Chendke P K and Fogler H S, *J. Phys. Chem.*, 1985, **89** (9): 1673—1977
- [8] Wolton A J and Reynolds G T, *Adv. Phys.* 1984, **33**(6):623.
- [9] 王双维, 冯若, 史群. 自然科学进展 1992(3), 268—269.
- [10] Macleay R Q and Holroyd L V, *J. Appl. Phys.*, 1961, **32**(3): 450.