



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108175442 A

(43)申请公布日 2018.06.19

(21)申请号 201810034099.5

(22)申请日 2018.01.15

(71)申请人 中国计量大学

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区
学源街258号

(72)发明人 兰庆 王月兵

(74) 专利代理机构 杭州奥创知识产权代理有限公司 33272

代理人 王佳健

(51) Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

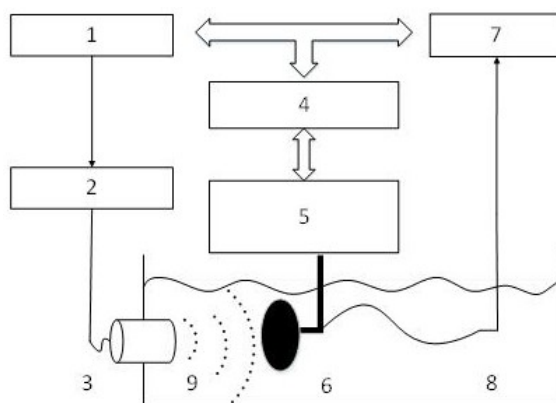
权利要求书3页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种超声造影剂非线性参数测量方法

(57)摘要

本发明涉及一种超声造影剂非线性参数测量方法。本发明原理：在水介质中加入超声造影剂微泡后，微气泡的存在改变了水介质的物理特性，从而导致测量声压幅值的明显变化，进而导致非线性参数的改变，所以可通过测量声压幅度的变化推算出非线性参数的变化情况。本发明的测量方法适用于多种超声造影剂非线性参数的测量，测量起来比较方便，重复性强，数据易获得和处理，不仅可以测量二阶非线性参数，还可以测量三阶及高阶非线性参数。



1. 一种超声造影剂非线性参数测量方法,其特征在于:

在等熵或绝热等条件下,将物态方程 $p=p(\rho, s)$ 展开成如下的泰勒级数形式为:

$$\begin{aligned} p &= p_0 + \rho_0 \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_{s,0} \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right) + \frac{1}{2} \rho_0^2 \left(\frac{\partial^2 p}{\partial \rho^2} \right)_{s,0} \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right)^2 + \frac{1}{6} \rho_0^3 \left(\frac{\partial^3 p}{\partial \rho^3} \right)_{s,0} \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right)^3 + \dots \\ &= p_0 + A \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} + \frac{1}{2} B \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right)^2 + \frac{1}{6} C \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right)^3 + \dots \end{aligned} \quad (1)$$

二阶非线性参数定义为:

$$\frac{B}{A} = \rho_0 c_0^{-2} \left(\frac{\partial^2 p}{\partial \rho^2} \right)_{s,0} = 2 \rho_0 c_0 \left(\frac{\partial c}{\partial p} \right)_{s,0} \quad (2)$$

三阶非线性参数定义为:

$$\frac{C}{A} = \rho_0^2 c_0^{-2} \left(\frac{\partial^3 p}{\partial \rho^3} \right)_{s,0} \quad (3)$$

其中, p 、 ρ 和 c 分别为媒质的压力、密度和声速, p_0 、 ρ_0 和 c_0 表示无扰动时媒质的量, s 为熵;对于给定的媒质, B/A 和 C/A 是常数;假定基波和高次谐波的衰减相互独立,则二次、三次谐波幅度的变化可表示为由谐波滋生和吸收衰减引起变化的总和;由于超声波在介质中传播时的衰减会导致实际测量的幅值比理论值偏小,为了提高测量的精度,在计算时需要考虑介质的损耗和对声传播衰减进行修正,则可得到距离声源 x 处二次谐波声压幅值为

$$p_{2x} = \frac{\left(\frac{B}{A} + 2 \right) \pi f x}{2 \rho_0 c_0^3} p_0^2 e^{-\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) x} \quad (4)$$

则二阶非线性参数变为

$$\frac{B}{A} = \frac{2 \rho_0 c_0^3 p_{2x}}{\pi f x p_0^2} e^{-\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) x} - 2 \quad (5)$$

三次谐波声压幅值为

$$p_{3x} = \frac{\pi f p_0^3}{2 \rho_0^2 c_0^5} \left[\frac{6 \pi f \left(\frac{B}{2A} + 1 \right)^2}{c_0} x^2 + \left(\frac{C}{A} + 2 \right) x \right] e^{-\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} + \frac{\alpha_3}{3} \right) x} \quad (6)$$

则三阶非线性参数变为

$$\frac{C}{A} = \left[\frac{2 \rho_0^2 c_0^5 p_{3x}}{\pi f p_0^3 x} - \frac{6 \pi f \left(\frac{B}{2A} + 1 \right)^2}{c_0} x \right] e^{-\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} + \frac{\alpha_3}{3} \right) x} - 2 \quad (7)$$

其中 x 为传播的距离, f 为发射源频率, p_0 为发射源的幅值, $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 分别为基波、二次谐波和三次谐波的衰减系数,且在生物介质中,声衰减系数正比于频率;

已知声波随距离的衰减规律为 $p_{10} = p_0 e^{-\alpha x}$,加入微泡后,声压变为 $p_{1x} = p_0 e^{-\alpha_1 x}$,其中, p_0 为发射端声波幅值, p_{10}, p_{1x} 分别为水介质和加入微泡后距离发射端 x 处的声波幅值; α 为已知水温和使用超声频率下的衰减系数;将上面两个式子左右两边相比,取自然对数得到加

入微泡后的基波衰减系数为

$$\alpha_1 = \frac{1}{x} \ln \frac{p_{10}}{p_{1x}} + \alpha \quad (8)$$

在实际测量中,测量的是接收换能器端的电压幅值,接收端的电压值可以用声压值和接收换能器灵敏度 μ 线性表示

$$\frac{p_{10}}{p_{1x}} = \frac{\mu p_{10}}{\mu p_{1x}} = \frac{V_{10}}{V_{1x}} = e^{(\alpha_1 - \alpha)x} \quad (9)$$

则(9)式变为

$$\alpha_1 = \frac{1}{x} \ln \frac{V_{10}}{V_{1x}} + \alpha \quad (10)$$

其中, V_{10} , V_{1x} 分别为除气水和含微泡介质中接收端距离发射端 x 处的电压幅值,可直接测量,再结合已知温度和使用超声频率下水介质的衰减系数即可得到含微泡介质的衰减系数;同理可计算出二次、三次谐波的衰减系数;

在混合介质中,若加入超声造影剂微泡的混合液接近于液体介质的声学特性,则声压幅值满足:

$$\begin{cases} p_{20} = \frac{\left[\left(\frac{B}{A} \right)_0 + 2 \right] \pi f x}{2 \rho_0 c_0^3} p_0^2 \\ p_{2x} = \frac{\left[\left(\frac{B}{A} \right)_x + 2 \right] \pi f x}{2 \rho_x c_x^3} p_0^2 e^{-\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) x} \end{cases} \quad (11)$$

将方程组中两个式子左右两边进行对比得,

$$\left(\frac{B}{A} \right)_x = \frac{p_{2x}}{p_{20}} \cdot \frac{\rho_x c_x^3}{\rho_0 c_0^3} \left[\left(\frac{B}{A} \right)_0 + 2 \right] e^{\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) x} - 2 \quad (12)$$

同理,

$$\begin{cases} p_{30} = \frac{\pi f p_0^3}{2 \rho_0^2 c_0^5} \left\{ \frac{6 \pi f \left[\frac{1}{2} \left(\frac{B}{A} \right)_0 + 1 \right]^2}{c_0} x^2 + \left[\left(\frac{C}{A} \right)_0 + 2 \right] x \right\} \\ p_{3x} = \frac{\pi f p_0^3}{2 \rho_x^2 c_x^5} \left\{ \frac{6 \pi f \left[\frac{1}{2} \left(\frac{B}{A} \right)_x + 1 \right]^2}{c_x} x^2 + \left[\left(\frac{C}{A} \right)_x + 2 \right] x \right\} e^{-\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} + \frac{\alpha_3}{3} \right) x} \end{cases} \quad (13)$$

将方程组中两个式子左右两边进行对比得,

$$\left(\frac{C}{A}\right)_x = \frac{p_{3x}}{p_{30}} \cdot \frac{\rho^2 c^5}{\rho_0^2 c_0^5} e^{\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} + \frac{\alpha_3}{3}\right)x} \left\{ \frac{6\pi f \left[\frac{1}{2} \left(\frac{B}{A}\right)_0 + 1 \right]^2}{c_0} x + \left(\frac{C}{A}\right)_0 + 2 \right\} - \frac{6\pi f \left[\frac{1}{2} \left(\frac{B}{A}\right)_x + 1 \right]^2}{c_x} x - 2 \quad (14)$$

下标“0”和“x”分别表示除气水和待测介质的物理量,对于参考介质, ρ_0 、 c_0 均已知,对于待测介质的 ρ_x 、 c_x 也易测定,, α_1 , α_2 , α_3 可通过公式(10)可计算出;将这些参量带入(12)、(14)式即可算出待测介质的非线性参数,即超声造影剂的非线性参数。

一种超声造影剂非线性参数测量方法

技术领域

[0001] 本发明属于超声医疗和声学技术领域的结合,具体涉及一种超声造影剂非线性参数测量方法。

背景技术

[0002] 近年来在临床医学超声诊断与生物组织成像的领域中,微泡型超声造影剂受到越来越多的关注,超声技术也被应用到多种治疗设备中,国内外大量的研究成果表明,利用声波激励微气泡时所产生的非线性振动和散射特性,可以提高超声治疗的效率、实施血管内溶栓治疗,而通过微纳气泡携带治疗药物或基因,使用超声作为介导手段,能够进行抗肿瘤药物靶向递送、基因定位转染或递送等方面的治疗,因此,将微气泡和超声结合起来进行一些重大疾病的治疗已成为国内外医学界所关注的热点之一。

[0003] 当声波在介质中传播时,气泡的受迫振动会引起声散射,体现强的非线性声特性。一般用非线性参数 B/A 表征介质的非线性效应,它反映了介质的动态特性。同时,三阶非线性参数 C/A 也能反映物质的动力学特性和物质结构的变化,也可被认为是重要的介质特性参量。所以有效的测量非线性参数是研究超声医疗的关键。鉴于现有的有限振幅法仅适用于近场测量的现状,提出了一种即可以避免近场测量声压幅值起伏带来的不稳定性也可以减小距离检测误差的测量方法:采用有限振幅比较法和修正声波衰减系数后,测量除气水和含超声造影剂微泡水介质在基波和多次谐波作用下的非线性参数。测量原理是:在水介质中加入超声造影剂微泡后,微气泡的存在改变了水介质的物理特性,从而导致测量声压幅值的明显变化,进而导致非线性参数的改变,所以可通过测量声压幅度的变化推算出非线性参数的变化情况,因此,本发明基于这样的原理提供了一种有效的测量方法。

发明内容

[0004] 本发明针对现有技术的不足,提供了一种超声造影剂非线性参数的测量方法。

[0005] 本发明的技术解决方案为:

[0006] 与除气水相比,含超声造影剂水介质的声学特性有着明显的差异,这主要是因为声波在含超声造影剂介质中传播时,气泡群的振动会引起强的声散射,尤其是在气泡谐振时,这种散射体现为强烈的非线性特性,使得介质中不但有基波传播,还会有高次谐波存在。作为最明显的高阶波,二阶非线性谐波的研究已取得不少进展,之前的学者在实验方面做了很多工作。然而医疗超声学的发展又对更高阶次的谐波研究提出了新的要求,因此,本发明进一步研究了含微泡介质中三阶非线性谐波的滋生,目的在于得到三阶非线性参数的计算方法。

[0007] 虽然现在很多声学研究都是以线性声学理论为基础,但实际上声学基本是非线性的,在等熵或绝热等条件下,将物态方程 $p=p(\rho, s)$ 展开成如下的泰勒级数形式为:

$$\begin{aligned}
 p &= p_0 + \rho_0 \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_{s,0} \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right) + \frac{1}{2} \rho_0^2 \left(\frac{\partial^2 p}{\partial \rho^2} \right)_{s,0} \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right)^2 + \frac{1}{6} \rho_0^3 \left(\frac{\partial^3 p}{\partial \rho^3} \right)_{s,0} \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right)^3 + \dots \\
 &= p_0 + A \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} + \frac{1}{2} B \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right)^2 + \frac{1}{6} C \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right)^3 + \dots
 \end{aligned} \quad (1)$$

[0009] 二阶非线性参数定义为:

$$\frac{B}{A} = \rho_0 c_0^{-2} \left(\frac{\partial^2 p}{\partial \rho^2} \right)_{s,0} = 2 \rho_0 c_0 \left(\frac{\partial c}{\partial p} \right)_{s,0} \quad (2)$$

[0011] 同理,三阶非线性参数定义为:

$$\frac{C}{A} = \rho_0^2 c_0^{-2} \left(\frac{\partial^3 c}{\partial \rho^3} \right)_{s,0} \quad (3)$$

[0013] 其中, p , ρ 和 c 为媒质的压力、密度和声速, p_0 , ρ_0 和 c_0 表示无扰动时媒质的量, s 为熵。对于给定的媒质, B/A 和 C/A 是常数, 但由于媒质中非线性的存在, 使得有限振幅声波在媒质中传播时会由于波形畸变滋生出谐波, 导致声波在传播过程中有衰减。假定基波和高次谐波的衰减相互独立, 则二次、三次谐波幅度的变化可表示为由谐波滋生和吸收衰减引起变化的总和。由于超声波在介质中传播时的衰减会导致实际测量的幅值比理论值偏小, 所以为了提高测量的精度, 在计算时需要考虑介质的损耗和对声传播衰减进行修正, 则可得距离声源 x 处二次谐波声压幅值为

$$p_{2x} = \frac{\left(\frac{B}{A} + 2 \right) \pi f x}{2 \rho_0 c_0^3} p_0^2 e^{-\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) x} \quad (4)$$

[0015] 则二阶非线性参数变为

$$\frac{B}{A} = \frac{2 \rho_0 c_0^3 p_{2x}}{\pi f x p_0^2} e^{-\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) x} - 2 \quad (5)$$

[0017] 同理,三次谐波声压幅值为

$$p_{3x} = \frac{\pi f p_0^3}{2 \rho_0^2 c_0^5} \left[\frac{6 \pi f \left(\frac{B}{2A} + 1 \right)^2}{c_0} x^2 + \left(\frac{C}{A} + 2 \right) x \right] e^{-\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} + \frac{\alpha_3}{3} \right) x} \quad (6)$$

[0019] 则三阶非线性参数变为

$$\frac{C}{A} = \left[\frac{2 \rho_0^2 c_0^5 p_{3x}}{\pi f p_0^3 x} - \frac{6 \pi f \left(\frac{B}{2A} + 1 \right)^2}{c_0} x \right] e^{-\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} + \frac{\alpha_3}{3} \right) x} - 2 \quad (7)$$

[0021] 其中 ρ_0 , c_0 分别表示介质的密度和声速, x 为传播的距离, f 为发射源频率, p_0 为声波发射源幅值, α_1 , α_2 , α_3 分别为基波、二次谐波和三次谐波的衰减系数且在生物媒质中, 声衰减系数正比于频率。

[0022] 获取准确的衰减系数是实现衰减修正的前提, 因此有必要开展基波、二次和三次谐波衰减系数的测量研究, 可通过以下幅值比较法算出。已知声波随距离的衰减规律为 p_{10}

$=p_0e^{-\alpha x}$, 加入微泡后, 声压变为 $p_{1x} = p_0e^{-\alpha_1 x}$, 其中, p_0 为发射端声波幅值, p_{10} , p_{1x} 分别为水介质和加入微泡后距离发射声波 x 处的声波幅值; α 为已知水温和使用超声频率下的衰减系数。将上面两个式子左右两边相比, 取自然对数得到加入微泡后的基波衰减系数为

$$[0023] \quad \alpha_1 = \frac{1}{x} \ln \frac{p_{10}}{p_{1x}} + \alpha \quad (8)$$

[0024] 在实际测量中, 测量的是接收换能器端的电压幅值, 因为接收端的电压值可以用声压值和接收换能器灵敏度 μ 线性表示

$$[0025] \quad \frac{p_{10}}{p_{1x}} = \frac{\mu p_{10}}{\mu p_{1x}} = \frac{V_{10}}{V_{1x}} = e^{(\alpha_1 - \alpha)x} \quad (9)$$

[0026] 则 (9) 式变为

$$[0027] \quad \alpha_1 = \frac{1}{x} \ln \frac{V_{10}}{V_{1x}} + \alpha \quad (10)$$

[0028] 其中, V_{10} , V_{1x} 为除气水和含微泡介质中接收端电压幅值, 可通过实验直接测量, 再结合已知温度和使用超声频率下水介质的衰减系数即可得到含微泡介质的衰减系数。同理可计算出二次、三次谐波的衰减系数。

[0029] 在混合介质中, 若加入超声造影剂微泡的混合液接近于液体介质的声学特性, 则声压幅值满足:

$$[0030] \quad \begin{cases} p_{20} = \frac{\left[\left(\frac{B}{A}\right)_0 + 2\right] \pi f x}{2 \rho_0 c_0^3} p_0^2 \\ p_{2x} = \frac{\left[\left(\frac{B}{A}\right)_x + 2\right] \pi f x}{2 \rho_x c_x^3} p_0^2 e^{-\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2}\right)x} \end{cases} \quad (11)$$

[0031] 将方程组中两个式子左右两边进行对比得,

$$[0032] \quad \left(\frac{B}{A}\right)_x = \frac{p_{2x}}{p_{20}} \cdot \frac{\rho_x c_x^3}{\rho_0 c_0^3} \left[\left(\frac{B}{A}\right)_0 + 2\right] e^{\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2}\right)x} - 2 \quad (12)$$

[0033] 同理,

$$[0034] \quad \begin{cases} p_{30} = \frac{\pi f p_0^3}{2 \rho_0^2 c_0^5} \left\{ \frac{6 \pi f \left[\frac{1}{2} \left(\frac{B}{A}\right)_0 + 1\right]^2}{c_0} x^2 + \left[\left(\frac{C}{A}\right)_0 + 2\right] x \right\} \\ p_{3x} = \frac{\pi f p_0^3}{2 \rho_x^2 c_x^5} \left\{ \frac{6 \pi f \left[\frac{1}{2} \left(\frac{B}{A}\right)_x + 1\right]^2}{c_x} x^2 + \left[\left(\frac{C}{A}\right)_x + 2\right] x \right\} e^{-\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} + \frac{\alpha_3}{3}\right)x} \end{cases} \quad (13)$$

[0035] 将方程组中两个式子左右两边进行对比得,

[0036]

$$\left(\frac{C}{A}\right)_x = \frac{p_{3x}}{p_{30}} \cdot \frac{\rho^2 c^5}{\rho_0^2 c_0^5} e^{\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} + \frac{\alpha_3}{3}\right)x} \left\{ \frac{6\pi f \left[\frac{1}{2} \left(\frac{B}{A} \right)_0 + 1 \right]^2}{c_0} x + \left(\frac{C}{A} \right)_0 + 2 \right\} - \frac{6\pi f \left[\frac{1}{2} \left(\frac{B}{A} \right)_x + 1 \right]^2}{c_x} x - 2 \quad (14)$$

[0037] 下标“0”和“x”分别表示除气水和待测介质(超声造影剂)的物理量,对于参考介质 ρ_0 、 c_0 均已知,对于待测介质的 ρ_x 、 c_x 也易测定, α_1 、 α_2 、 α_3 分别为基波,二次、三次谐波的衰减系数,可通过公式(10)可计算出。将这些参量带入(12)、(14)式即可算出待测介质(超声造影剂)的非线性参数。

[0038] 本发明测量方法的实验装置主要包括:信号发生器、功率放大器、换能器、高精度三维超声扫描控制机构、水听器、数字示波器、程控计算机等。其中,平面换能器固定在水槽的一端,避免了同时移动换能器和水听器时,导致二者的声轴很难达到共轴的状态。水听器安装在高精度三维超声扫描控制机构上,由程控计算机控制水听器运动,采集不同距离的声波信号。水听器作为声波接收端与数字示波器相连,信号发生器的触发信号作为同步信号端接入数字示波器,程控计算机与数字示波器相连,对信号进行读取和存储。

[0039] 进一步说,所述的信号发生器采用的是具备可以同时发送双通道信号功能的普源精电DG4062信号发生器,满足实验要求。

[0040] 进一步说,所述的换能器采用的是直径为30mm,谐振频率为2.3MHz的平面活塞换能器。

[0041] 进一步说,所述的水听器采用的是直径为100mm,在常用超声医疗频率响应非常好的薄膜水听器。

[0042] 进一步说,所述的放大器采用的是RITEC的RPR-4000功率放大器,最高功率输出达8KW,满足实验要求。

[0043] 进一步说,所述的运动控制部分采用的是是采用高精度三维超声扫描控制机构,由程控计算机控制着水听器运动。

[0044] 进一步说,所述的示波器采用的是普源精电的DS2102双通道示波器。

[0045] 进一步说,所述的水槽采用亚克力板定制的小水槽,水槽的尺寸是经过计算近远场距离后设计的。

[0046] 本发明的有益效果:由于超声造影剂的价格一般比较昂贵,所以实验的区域选择在由亚克力板定制的小水槽中,水槽的尺寸是经过计算近远场距离后设计的,即保证了超声造影剂的浓度不至于太低,避免了超声造影剂的浪费,也保证了薄膜水听器可以在水槽内移动,提高对非线性参数的多次测量求平均值的精度,避免了测量单个位置非线性参数时形成的偶然性误差,另外,水槽的一端设有一个小孔,用来固定换能器,避免了同时移动换能器和水听器时,二者很难达到共轴的状态。水听器安装在高精度三维超声扫描控制机构上,由程控计算机控制水听器运动,采集不同距离的声波信号,避免了近场声压不稳定时带来的测量误差,而且本发明的测量方法适用于多种超声造影剂非线性参数的测量,测量起来比较方便,重复性强,数据易获得和处理,不仅可以测量二阶非线性参数,还可以测量三阶及高阶非线性参数。

附图说明

[0047] 图1本发明测量装置示意图。

[0048] 图2薄膜水听器的灵敏度曲线图。

[0049] 图3输出脉冲信号暂态稳态示意图。

[0050] 图中:1、信号发生器,2、功率放大器,3、平面活塞换能器,4、程控计算机,5、高精度三维超声扫描控制机构,6、薄膜水听器,7、数字示波器,8、(超声造影剂) 介质,9、辐射声场。

具体实施方式

[0051] 下面结合附图对本发明作进一步的说明:

[0052] 如图1所示,信号发生器1产生的猝发正弦脉冲信号作为同步信号接入数字示波器7的外部触发,用于捕获声压波形和计算平面活塞换能器3和薄膜水听器6(灵敏度曲线非常的平缓,频率响应好,如图2所示)之间的距离,同时利用信号发生器1产生的20个周期、中心频率为3MHz的连续信号通过功率放大器2(频率范围0.5MHz~45MHz,增益50dB)激励平面活塞换能器3(中心频率为2.3MHz,直径为30mm)发射声波,在水槽中形成辐射声场9,薄膜水听器6作为接收器件将接收到声信号转化为电信号,在数字示波器7上进行显示。薄膜水听器6安装在高精度三维超声扫描控制机构5上,由程控计算机4控制薄膜水听器6运动。

[0053] 一开始将薄膜水听器6靠近平面活塞换能器3,移到近场处(尽量保证换能器和水听器共声轴,以增加系统的接收灵敏度,提高对微弱信号的接收能力),然后慢慢远离平面活塞换能器3,测量不同距离的声波信号。并通过程控计算机4里LABVIEW程序串口对信号进行读取和存储,再经过对信号的提取和傅里叶变换,得到信号幅值,进而可推算出不同距离的非线性参数值,最后可求得含超声造影剂微泡介质8中非线性参数的平均值。

[0054] (1) 信号激励部分

[0055] 由于实验过程中需要为示波器提供与发射信号同步的触发信号,用于捕获声压波形和计算发射波和接收波之间的时延,故选用的信号发生器为普源精电的DG1022U双通道信号发生器,它具备双通道可以同时发送信号的功能,满足实验的要求。但是信号发生器的激励电压幅度有限,不足以激励换能器产生非线性信号,因此需要对其进行放大。实验选用RITEC的RPR-4000信号的功率放大器,它具有自发自收、门限激励、漏电保护等功能,最高功率输出达8KW,满足实验要求。

[0056] 换能器工作时晶元振动会摩擦生热,当换能器在大功率连续信号激励下工作较长时间时容易发热造成损坏,而且由于实验空间有限,连续信号激励时易产生混响场,影响对有用信号的提取。所以为保护换能器的同时避免产生混响场,激励信号一般采用猝发正弦脉冲信号,它既有脉冲信号性质又有稳定状态,可以在反射信号到来之前完成数据采集,避免形成混响场。

[0057] (2) 数据采集部分

[0058] 数据采集部分包括数字示波器和程控计算机两个部分。数字示波器选用的是普源精电的DS2102双通道示波器,它具备波形触发、内存读取、存储功能,实时采样率最高达2GSa/s,带宽达到200MHz,并具有串口通信,可通过软件编程来实现示波器的参数设置、状态查询和读取数据等。满足实验需求,数字示波器作为中转部件将薄膜水听器接收的信号

传输给程控计算机,在计算机上进行显示和存储。

[0059] 当正弦脉冲激励换能器时,换能器被驱动,开始阶段需要一段时间才能达到稳定的工作状态,当激励信号结束后,换能器还需要进行一段时间的阻尼振动。因此输出的脉冲信号的前部和尾部会有暂态现象出现,如图3所示。诸如有效声压、声工作频率等参数都是按换能器稳态工作状态时定义的,因此信号的暂态部分不可用且激励脉冲的宽度不能小于暂态过程,根据实际情况,实验给了20个周期信号,采集信号时一般读取稳态部分的几个周期信号(减小测量信号的不稳定性),然后通过对波形的处理得到声压信号,进而可推算出非线性参数值。

[0060] (3) 运动控制部分

[0061] 实验中的运动控制部分主要是由计算机里面的LABVIEW程序控制着高精度三维扫描运动控制机构里的步进电机运动。步进电机作为运动的执行机构,接收计算机通过发送的脉冲信号,并将接收的电脉冲转换为自身的角位移,从而带动薄膜水听器在水槽中进行运动,完成各点信号的采集。不仅避免了近场声压起伏带来的不稳定性,而且大大的减小了测量单个位置非线性参数时形成的偶然性误差。

[0062] 综上所述,本发明的测量方法,适合对不同种类的超声造影剂进行测量。水箱的尺寸是经过计算近远场距离后设计的,即保证了超声造影剂的浓度不至于太低,减小了超声造影剂向实验区域外扩散,使其在实验测量区域内充分发挥作用,避免了超声造影剂的浪费,同时也保证了薄膜水听器可以在水槽内移动,提高对非线性参数的多次测量求平均值的精度,不仅可以测量二阶非线性参数,还可以测量三阶及高阶非线性参数。该测量方法的提出,将有助于通过准确测量非线性参数,提高超声造影剂的造影效果和为临床上超声诊断、治疗提供更有效的科学依据。

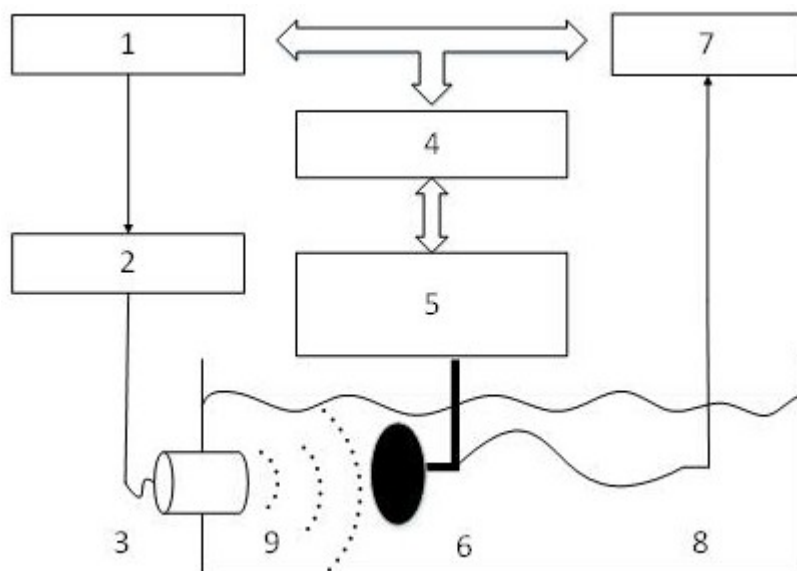


图 1

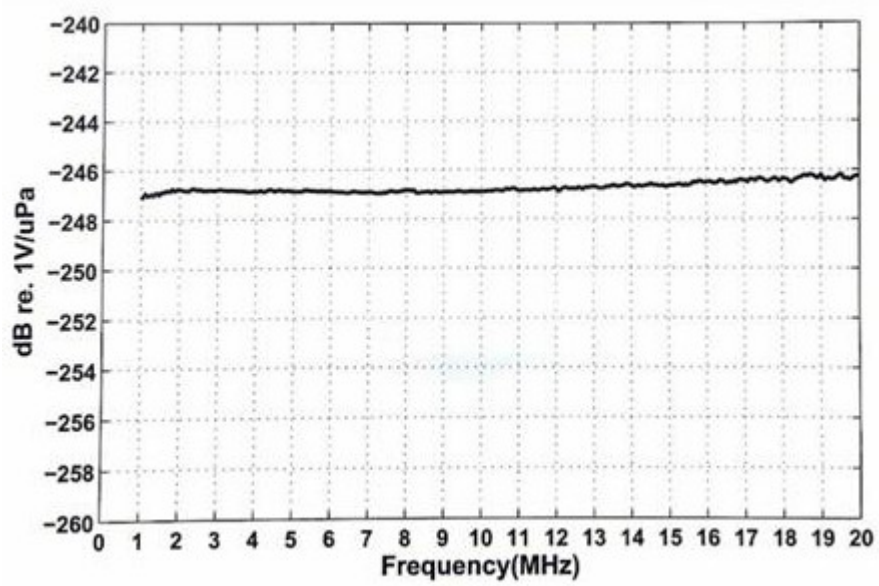


图 2

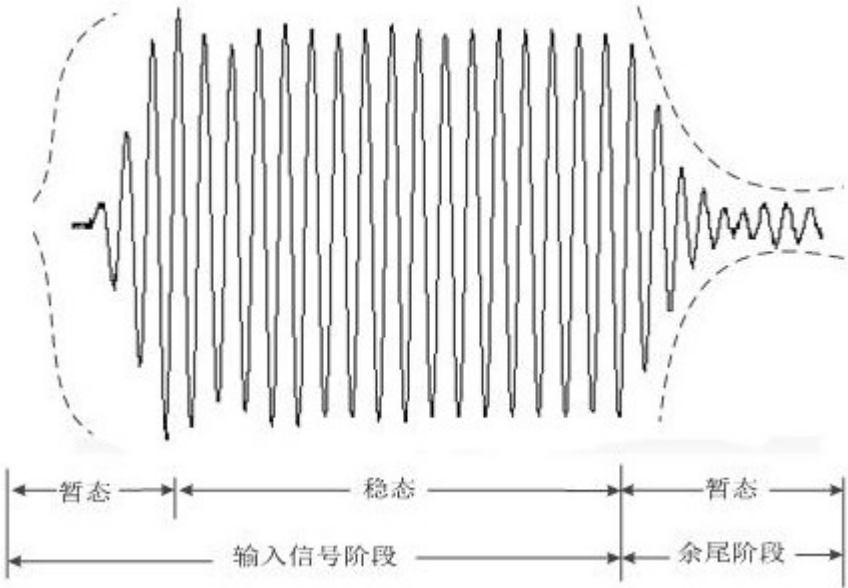


图 3

专利名称(译)	一种超声造影剂非线性参数测量方法		
公开(公告)号	CN108175442A	公开(公告)日	2018-06-19
申请号	CN201810034099.5	申请日	2018-01-15
[标]申请(专利权)人(译)	中国计量大学		
申请(专利权)人(译)	中国计量大学		
当前申请(专利权)人(译)	中国计量大学		
[标]发明人	兰庆 王月兵		
发明人	兰庆 王月兵		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/481 A61B8/5207		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种超声造影剂非线性参数测量方法。本发明原理：在水介质中加入超声造影剂微泡后，微气泡的存在改变了水介质的物理特性，从而导致测量声压幅值的明显变化，进而导致非线性参数的改变，所以可通过测量声压幅度的变化推算出非线性参数的变化情况。本发明的测量方法适用于多种超声造影剂非线性参数的测量，测量起来比较方便，重复性强，数据易获得和处理，不仅可以测量二阶非线性参数，还可以测量三阶及高阶非线性参数。

