



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103691654 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201310721788. 0

审查员 丁鹏飞

(22) 申请日 2013. 12. 24

(73) 专利权人 中国科学院上海硅酸盐研究所

地址 200050 上海市长宁区定西路 1295 号

(72) 发明人 范晓荣 姚烈 瞿耀明 董显林

(74) 专利代理机构 上海瀚桥专利代理事务所

(普通合伙) 31261

代理人 曹芳玲 姚佳雯

(51) Int. Cl.

B06B 1/06(2006. 01)

A61B 8/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102507748 A, 2012. 06. 20,

CN 2841166 Y, 2006. 11. 29,

CN 102176508 A, 2011. 09. 07,

EP 2266712 A1, 2010. 01. 13,

US 2010/0325855 A1, 2010. 12. 30,

US 2006/0184035 A1, 2006. 08. 17,

CN 101625337 A, 2010. 01. 13,

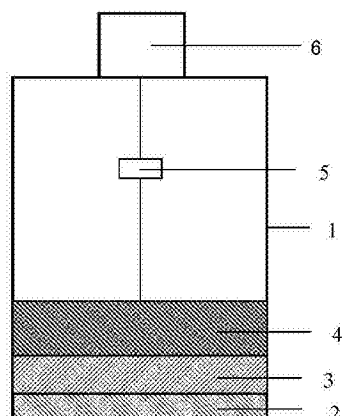
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

低频窄脉冲超声换能器

(57) 摘要

本发明涉及一种低频窄脉冲超声换能器,包括:壳体;设置于所述壳体内且依次相连的匹配层、压电元件层和背衬层;设置于所述壳体的接口部;以及连接于所述接口部与所述背衬层之间的匹配电路;所述背衬层形成反射面斜率连续变化的碗状形状。根据本发明,能够有效抑制换能器向后辐射声波,减小换能器余振。



1. 一种低频窄脉冲超声换能器,其特征在于,包括:
壳体;
设置于所述壳体内且依次相连的匹配层、压电元件层和背衬层;
设置于所述壳体的接口部;以及
连接于所述接口部与所述背衬层之间的匹配电路;
所述背衬层形成为反射面斜率连续变化的碗状形状,且所述背衬层为中背衬。
2. 根据权利要求1所述的低频窄脉冲超声换能器,其特征在于,所述背衬层的两端面为直径大小不等的圆面,且所述背衬层的侧面为斜率连续变化的圆弧面。
3. 根据权利要求1所述的低频窄脉冲超声换能器,其特征在于,所述背衬层为二元复合材料,由钨粉和环氧树脂按照环氧树脂:钨粉=1:6.2~9.5的质量配比制备而成。
4. 根据权利要求3所述的低频窄脉冲超声换能器,其特征在于,所述背衬层的声阻抗为 $5 \sim 9 \times 10^6 \text{Pa} \cdot \text{s/m}$ 。
5. 根据权利要求3所述的低频窄脉冲超声换能器,其特征在于,所述背衬层采用依次将二元复合材料进行混合、浇注成型、脱模、加工的工艺制成。
6. 根据权利要求1所述的低频窄脉冲超声换能器,其特征在于,所述匹配层、压电元件层和背衬层通过定位加压系统由环氧树脂依次粘结在一起。
7. 根据权利要求1至6中任一项所述的低频窄脉冲超声换能器,其特征在于,所述压电元件层由压电陶瓷片形成。

低频窄脉冲超声换能器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种低频窄脉冲超声换能器,主要应用于声衰减较大的医学超声诊断及工业无损检测领域。

背景技术

[0002] 在声衰减较大的医学超声诊断和工业无损检测中,为了提高检测的分辨率,需要超声换能器在脉冲激励下余振信号尽量小,同时希望超声波在检测对象中衰减不能太大,因为换能器频率越高,超声波衰减越大,所以设计和研制低频窄脉冲超声换能器就显得非常重要。

[0003] 换能器的频率可通过调整压电晶片的尺寸来实现,实现小的余振信号,常用的方法是通过加大背衬的声阻抗(尽可能与压电晶片相同),使得压电晶片所激发的向后辐射的超声波可有效地进入背衬材料,继而被吸收,因此,研究者们主要致力于背衬材料的配方设计、基质选择、添加物的选择、及其颗粒大小、以及各种添加物在基质中的体积百分比对背衬材料声学性能影响的研究。

[0004] 如 Haifeng Wang 等人在“Passive Material for Frequency Ultrasound Transducers, Part of the SPIE Conference on Ultrasonic Transducer Engineering, 3664 (1999)35 ~ 40”中对铝加 EPO-TEX301 和钨加 EPO-TEX301 背衬材料进行构建和测试,实验结果表明背衬材料的声衰减随添加物的增加在单调上升,但在添加物增加到一定量时出现了明显下降。

[0005] M. G. Grewe 等在“Acoustic Properties of Particle/Polymer Composites for Transducers Backing Applications, Ultrasonics Symposium (1989) 713 ~ 716”中建立了复合材料声阻抗模型以及复合材料衰减相关的各个变量实验矩阵,并根据复合材料的声学特性和微观结构分析得出结论:复合材料的声衰减与添加物种类,聚合物基质以及二者之间的界面有关。

[0006] 又,王耀俊、袁忆丰在“超声换能器背衬材料的声学性能,无损检测,11 (1989) 221 ~ 223”中介绍了换能器背衬复合材料声阻抗和声传播衰减的估算方法,并给出了环氧树脂加钨粉,可延展金属(如铝、铜、铅、锡)加钨粉等复合材料在不同钨粉含量时声阻抗的具体数值,也介绍了钨-乙烯塑料复合材料声纵波速度和声阻抗随钨粉含量变化的实验结果。

[0007] 但是简单地加大背衬的声阻抗会导致换能器灵敏度下降。

[0008] 现有的低频窄脉冲超声换能器主要由壳体、匹配层、作为振动源的压电元件层、背衬层、匹配电路等组成。其中,换能器的背衬层通常采用圆柱形、楔形或圆锥形等形状。圆柱形背衬层的反射面与声波垂直,如果不通过加大背衬层的声阻抗来吸收声能,会导致大部分声波反射回辐射面与前向辐射声波叠加在一起,使换能器声脉冲变得更复杂,而加大声阻抗又会降低换能器的灵敏度。楔形和圆锥形背衬层的反射面虽然与声波有一定的倾角,但反射面斜率相同不利于声波的多次反射吸收,最终还是要通过加大声阻抗的方法来达到

减小余振的目的。

[0009] 简单地增大背衬层的声阻抗,由于钨粉的比例比较高,很难与环氧树脂等基质材料混合均匀,因而还会增加背衬层制备的工艺难度。例如,为了获得声阻抗率超过 $10 \times 10^6 \text{Pa} \cdot \text{s/m}$ 的高阻抗背衬层, S. Rokhlin. 等在“Acoustic Properties of Tungsten-Tin Composition, J. Acoust. Soc. Am., 69 (1981) 1505-1506”文中提到,采用将钨粉与高塑性金属粉混合后加高压处理,使塑性金属挤入钨粉的颗粒间隙,并在两者界面形成键合力。S. Lee. 等在“Acoustic Properties of Tungsten-Vinyl Composites, IEEE Trans. Sonics and Ultrasonics, SU-20(1973) 1-2”中将钨粉与热塑性塑料的粉末充分混合后热压成型。G. C. Low 等在“Design and Constuction of Short Pulse Ultrasonic Probes for Non-destructive Testing, Ultrasonics, 18(1984) 85-95”中采用浸渍法,将钨粉挤压至紧密堆积状态后,再浸没于液态热固性树脂中,待完全浸透后加热固化。这种方法不能保证浸渍的均匀性,仅取下端部分应用。上述表明,单纯通过加大钨粉比例来达到增大背衬的目的,会给背衬的制备工艺带来很大的难度。

发明内容

[0010] 鉴于上述,本发明所要解决的技术问题在于提供一种低频窄脉冲超声换能器,能够有效抑制换能器向后辐射声波,减小换能器余振。

[0011] 为了解决上述技术问题,本发明的低频窄脉冲超声换能器,包括:壳体;设置于所述壳体内且依次相连的匹配层、压电元件层和背衬层;设置于所述壳体的接口部;以及连接于所述接口部与所述背衬层之间的匹配电路;所述背衬层形成为反射面斜率连续变化的碗状形状。

[0012] 根据本发明,低频窄脉冲超声换能器的背衬层的反射面具有连续变化的斜率,可使后向辐射声波在背衬层中沿各个角度多次反射,以至于大部分消散或被吸收,从而有效抑制换能器向后辐射声波,可减小换能器的余振而不降低换能器的灵敏度。

[0013] 在本发明中,也可以是,所述碗状背衬层的两端面为直径大小不等的圆面,且侧面为斜率连续变化的圆弧面。

[0014] 根据本发明,该碗状背衬层形成为其两端面为直径大小不等的圆面,且侧面为斜率连续变化的圆弧面,可有效地使背衬层形成为反射面斜率连续变化的结构,有利于抑制换能器向后辐射声波。且形成为斜率连续变化的圆弧面的侧面,还可使后向辐射的声波被最大限度地多次反射吸收。

[0015] 在本发明中,也可以是,所述背衬层为二元复合材料,由钨粉和环氧树脂按照环氧树脂:钨粉=1:6.2~9.5的质量配比制备而成。

[0016] 根据本发明,背衬层为环氧树脂和钨粉的二元复合材料,成分简单,在环氧树脂和钨粉的配比中钨粉比例比较低,所以无需通过采用调整背衬层的配方添加,以牺牲换能器灵敏度为代价加大背衬层声阻抗的传统方法,就可以减小换能器余振。

[0017] 在本发明中,也可以是,所述背衬层的声阻抗为 $5 \sim 9 \times 10^6 \text{Pa} \cdot \text{s/m}$ 。

[0018] 根据本发明,背衬层的声阻抗为 $5 \sim 9 \times 10^6 \text{Pa} \cdot \text{s/m}$,属于中背衬(声阻抗在 $4 \sim 10 \times 10^6 \text{Pa} \cdot \text{s/m}$),因而换能器在保证高分辨率的同时仍具有较高的灵敏度。

[0019] 在本发明中,也可以是,所述背衬层采用依次将二元复合材料进行混合、浇注成

型、脱模、机械加工的工艺制成。

[0020] 根据本发明,钨粉可以均匀地混合在环氧树脂中,无需采用高压处理、热压成型或浸渍法等比较复杂的制备方法,制备工艺简单。

[0021] 在本发明中,也可以是,所述背衬层的模具由聚四氟乙烯材料加工而成。

[0022] 根据本发明,背衬层的模具由聚四氟乙烯材料加工而成,因而不会与环氧树脂发生粘结现象,有利于脱模。

[0023] 在本发明中,也可以是,所述匹配层、压电元件层和背衬层通过定位加压系统由环氧树脂依次粘结在一起。

[0024] 根据本发明,通过定位加压系统可保证匹配层、压电元件层、背衬层粘结到一起后的同心度以及胶层厚度的一致性。

[0025] 在本发明中,所述压电元件层可以由压电陶瓷片形成。

[0026] 根据下述具体实施方式并参考附图,将更好地理解本发明的上述及其他目的、特征和优点。

附图说明

[0027] 图 1 示出了根据本发明的低频窄脉冲超声换能器的结构示意图;

[0028] 图 2 示出了本发明的低频窄脉冲超声换能器中的背衬层的结构示意图;

[0029] 图 3a- 图 3d 示出了本发明的低频窄脉冲超声换能器的背衬层的曲率半径 R 与该换能器的余振的关系;

[0030] 图 4 示出了本发明的低频窄脉冲超声换能器的一实施例的声脉冲示例。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图,通过实施例进一步详细说明本发明。

[0032] 图 1 示出了根据本发明的低频窄脉冲超声换能器的结构示意图,图 2 示出了本发明的低频窄脉冲超声换能器中的背衬层的结构示意图。如图 1 所示,本发明的低频窄脉冲超声换能器包括壳体 1;设置于该壳体 1 内且依次相连的匹配层 2、压电元件层 3 和背衬层 4;以及设置于该壳体 1 的接口部 6。该接口部 6 例如可以是 BNC 接口。且在该接口部 6 与背衬层 4 之间连接有匹配电路 5。该匹配电路 5 例如可以由电阻 / 电感构成。其中,背衬层 4 形成为反射面斜率连续变化的碗状形状(参见图 2)。

[0033] 如图 1 所示,压电元件层 3 是换能器的核心部件,当在其上施加电激励信号时,会产生振动,换能器将振动传播出去就产生了超声波。匹配层 2 起声阻抗过渡的作用(故也被称为过渡层),因为压电元件层 3 的声阻抗与超声波传播的媒质(比如水)的声阻抗差异较大,如不加过渡层,在以上二者的界面上会存在很大的反射系数,相当一部分声能会被反射掉不能进入媒质,所以匹配层 2 的声阻抗是介于以上所述二者之间的。背衬层 4 起到吸收后向辐射声能的作用。匹配电路 5 起电阻抗匹配的作用。接口部 6 起到与外界通讯的作用。壳体 1 起保护绝缘的作用。

[0034] 且,在本发明中,作为振动源的压电元件层 3 可以例如由压电陶瓷片形成。优选地,可以选用 $k_t \gg k_p$ (其中, k_t 为厚度机电耦合系数, k_p 为径向机电耦合系数)的偏铌酸铅压电陶瓷晶片,从而保证了核心元件压电材料厚向振动的单一性。而匹配层 2 的材料可

采用环氧树脂添加钨粉的复合材料,通过在环氧树脂:钨粉=1:0.3~0.7 范围内多次试验选取了最佳配比,厚度采用 $1/4\lambda$ (其中, λ 为声波在该材料中的波长),该匹配层可采用浇注-脱模-成型-加工的工艺方法制备。

[0035] 根据本发明,由于背衬层 4 的反射面具有连续变化的斜率,可使后向辐射声波在背衬层 4 中沿各个角度多次反射,以至于大部分消散或被吸收,从而能够有效抑制换能器向后辐射声波,可减小换能器的余振而不会降低换能器的灵敏度。

[0036] 具体地,如图 2 所示,该碗状背衬层 4 的两端面 41、42 可以为直径大小不等的圆面,且侧面 43 可以为斜率连续变化的圆弧面。由此,可有效地使背衬层 4 形成反射面斜率连续变化的结构,有利于抑制换能器向后辐射声波。且侧面 43 为斜率连续变化的圆弧面,可使后向辐射的声波被最大限度地多次反射吸收。

[0037] 此外,在本发明中,背衬层 4 可以为二元复合材料,由钨粉和环氧树脂按照环氧树脂:钨粉=1:6.2~9.5 的质量配比制备而成。成分简单,在环氧树脂和钨粉的配比中钨粉比例比较低,所以无需通过调整背衬层的配方添加,以牺牲换能器灵敏度为代价加大背衬层材料的声阻抗的传统方法,就可以减小换能器余振。

[0038] 本发明的背衬层 4 采用依次将上述二元复合材料进行混合、浇注成型、脱模、加工的工艺制成。钨粉可以均匀地混合在环氧树脂中,无需采用高压处理、热压成型或浸渍法等比较复杂的制备方法,制备工艺简单。且优选地,该背衬层 4 的模具由聚四氟乙烯材料加工而成,聚四氟乙烯材料具有高润滑不粘性,因而不会与环氧树脂发生粘结现象,有利于脱模。

[0039] 具体地,该背衬层制备可采用浇注法,首先按照图示尺寸加工模具,模具选用聚四氟乙烯材料,将环氧树脂和钨粉按照一定的比例混合在一起,用搅拌器混合均匀,然后倒入清洁干净的模具中,待浆料平整静置例如 24 小时固化好后脱模,将两端面加工成平面。

[0040] 又,上述背衬层 4 的声阻抗可以为 $5 \sim 9 \times 10^6 \text{Pa} \cdot \text{s/m}$,属于中背衬,因而换能器在保证高分辨率的同时仍具有较高的灵敏度。

[0041] 此外,上述匹配层 2、压电元件层 3 和背衬层 4 可通过定位加压系统(图示省略)由环氧树脂依次粘结在一起。通过该定位加压系统可保证匹配层 2、压电元件层 3、背衬层 4 粘结到一起后的同心度以及胶层厚度的一致性。

[0042] 另外,发明人在研发的过程中还发现,如图 2 所示的这种碗状背衬层 4 的曲率半径 R 与换能器的余振大小有很大的关系。以下结合图 3 详细说明背衬层的曲率半径 R 与该换能器的余振的关系。图 3a-图 3d 示出了背衬层的曲率半径 R 分别为 16.49mm、15.52mm、14.87mm 和 14.18mm 时与换能器余振的对应情况。

[0043] 从图 3 的四种情况可以看出,背衬层的曲率半径 $R=14.87\text{mm}$ 对应的换能器的余振最大, $R=15.52\text{mm}$ 和 $R=16.49\text{mm}$ 的换能器余振较小,而当 $R=14.18\text{mm}$ 时,换能器余振最小,其脉冲波形 3 周后几乎完全归于电压基线,表明后向辐射的声波被最大限度地多次反射吸收。

[0044] 以下结合图 1 和图 4 详细说明本发明的低频窄脉冲超声换能器的一实施例:

[0045] 图 1 所示的低频窄脉冲超声换能器,主要由匹配层 2、压电陶瓷片层 3、背衬层 4、匹配电路 5 以及壳体 4 组成。压电陶瓷片层 3 采用径向振动远远小于厚向振动的偏铌酸铅,其性能参数为:谐振频率 $f_s:470\text{kHz}$,谐振阻抗 $:43\Omega$,介电常数 $\epsilon:502$, $k_t:0.37$,压电常

数 d_{33} :140pC/N。匹配层 2 采用 $1/4\lambda$ 的单匹配层,是环氧树脂添加钨粉的二元复合材料,制备方法为浇注-脱模-成型-加工的工艺。背衬层 4 的制备方法是:将环氧树脂和钨粉按照一定的比例混合,用搅拌器充分混合均匀,将混合浆料浇注进聚四氟乙烯模具中,待浆料表面平整静置 24 小时固化后脱模,将两端面 41、42 加工成平面。运用预先设计好的定位加压系统依次将匹配层 2、压电陶瓷片层 3 以及背衬层 4 用环氧树脂粘结到一起,专用的定位加压系统保证了匹配层 2、压电陶瓷片层 3、背衬层 4 粘结到一起后的同心度以及胶层的厚度。匹配层 2、压电陶瓷片层 3、背衬层 4 的同心度和胶层的厚度直接影响换能器的频率、灵敏度以及声电转换效率。然后,将上述三明治结构粘结块封装在加工好的壳体 1 内,接好匹配电路 5、BNC 接口 6。最后,测试其声学性能,换能器在水中的脉冲回波如图 4 所示,其中中心频率 F_c :460kHz, -3dB 带宽 Bw_{3dB} :52%。

[0046] 在不脱离本发明的基本特征的宗旨下,本发明可体现为多种形式,因此本发明中的实施形态是用于说明而非限制,由于本发明的范围由权利要求限定而非由说明书限定,而且落在权利要求界定的范围、或其界定的范围的等价范围内的所有变化都应理解为包括在权利要求书中。

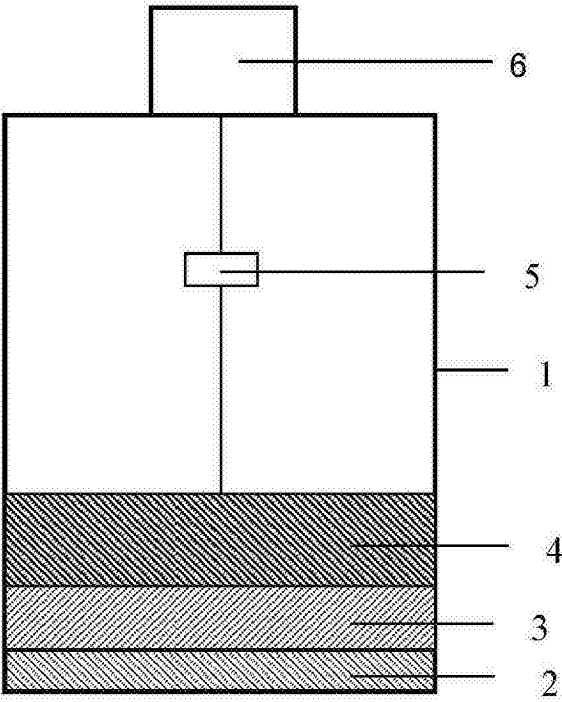


图 1

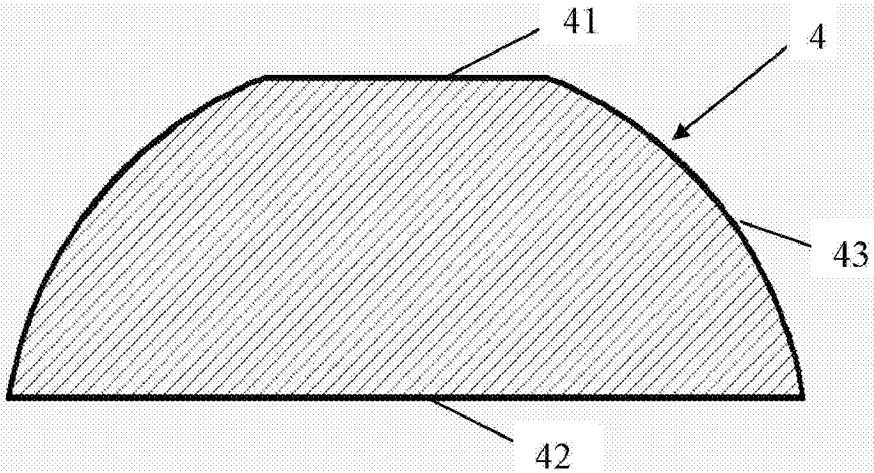


图 2

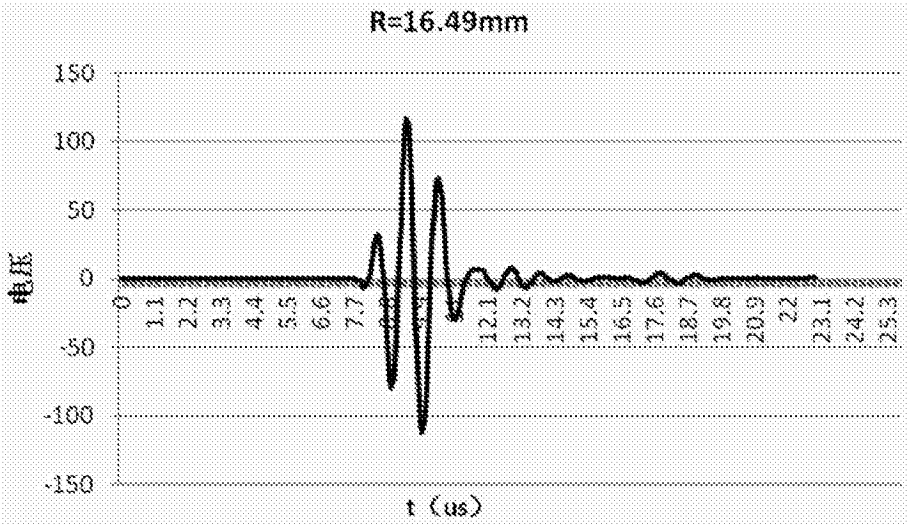


图 3a

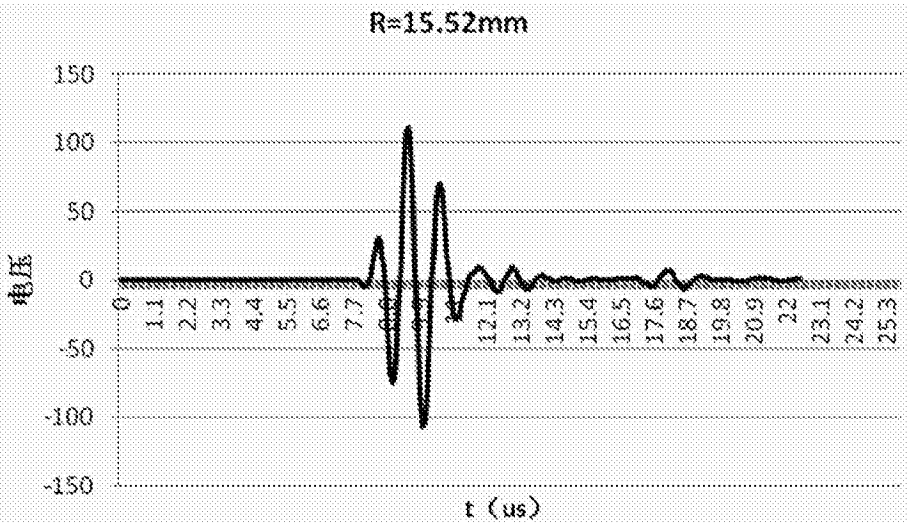


图 3b

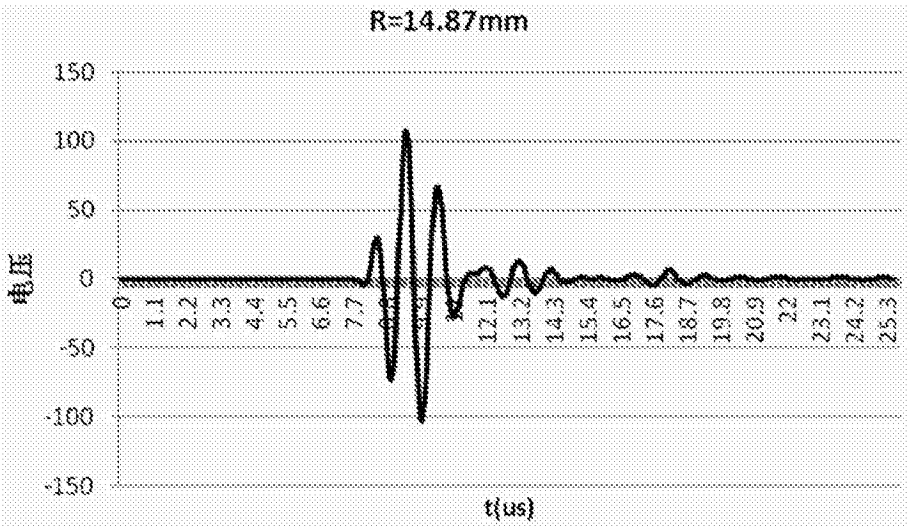


图 3c

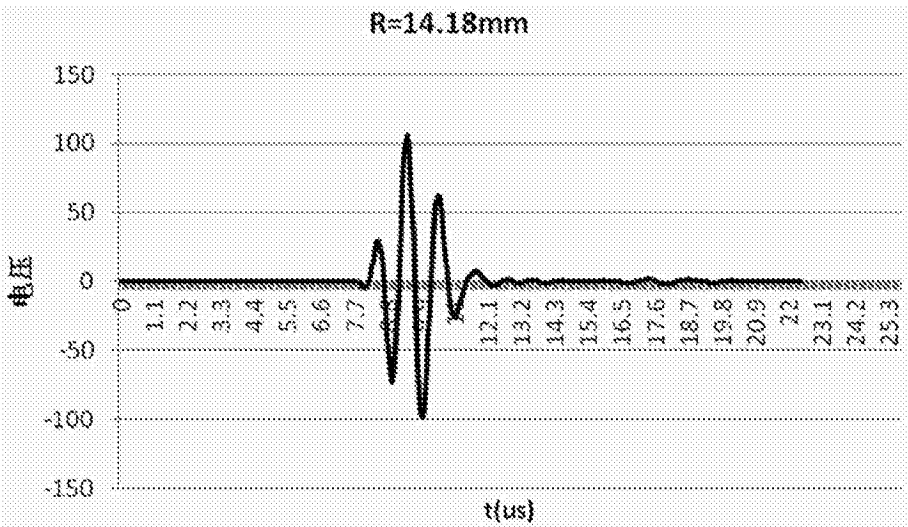


图 3d

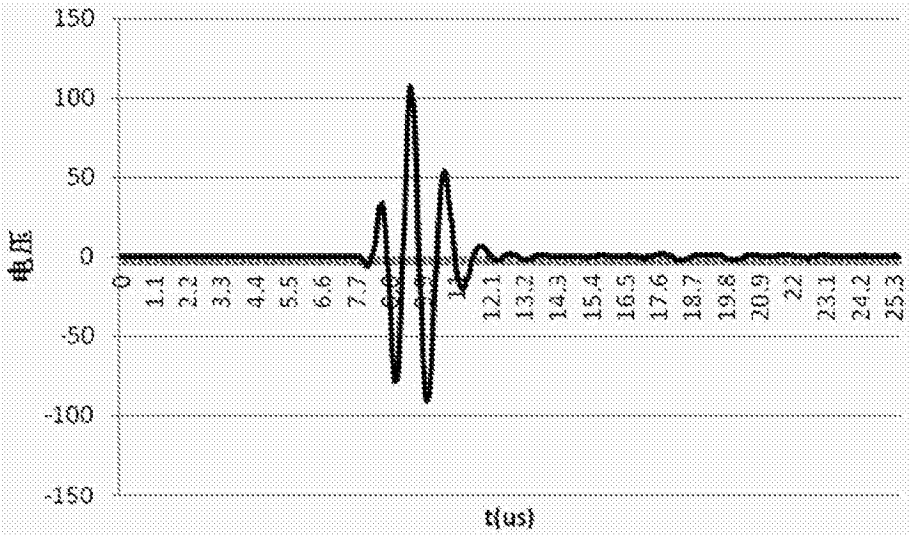


图 4

专利名称(译)	低频窄脉冲超声换能器		
公开(公告)号	CN103691654B	公开(公告)日	2016-03-23
申请号	CN201310721788.0	申请日	2013-12-24
[标]申请(专利权)人(译)	中国科学院上海硅酸盐研究所		
申请(专利权)人(译)	中国科学院上海硅酸盐研究所		
当前申请(专利权)人(译)	中国科学院上海硅酸盐研究所		
[标]发明人	范晓荣 姚烈 瞿耀明 董显林		
发明人	范晓荣 姚烈 瞿耀明 董显林		
IPC分类号	B06B1/06 A61B8/00		
代理人(译)	姚佳雯		
审查员(译)	丁鹏飞		
其他公开文献	CN103691654A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种低频窄脉冲超声换能器，包括：壳体；设置于所述壳体内且依次相连的匹配层、压电元件层和背衬层；设置于所述壳体的接口部；以及连接于所述接口部与所述背衬层之间的匹配电路；所述背衬层形成为反射面斜率连续变化的碗状形状。根据本发明，能够有效抑制换能器向后辐射声波，减小换能器余振。

