



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108613644 B

(45)授权公告日 2020.01.10

(21)申请号 201810350599.X

审查员 石小容

(22)申请日 2018.04.18

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108613644 A

(43)申请公布日 2018.10.02

(73)专利权人 华东理工大学

地址 200137 上海市徐汇区梅陇路130号

(72)发明人 贾九红 涂善东 吕中钊 任玥

廖作雨 张显程 项延训 轩福贞

(74)专利代理机构 上海顺华专利代理有限责任
公司 31203

代理人 沈履君

(51)Int.Cl.

G01B 17/02(2006.01)

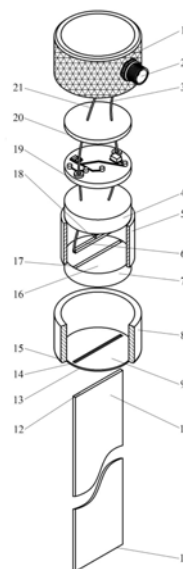
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

一种极端环境下壁厚减薄测量的超声探头

(57)摘要

本发明涉及一种极端环境下壁厚减薄测量的超声探头,包括:一压电晶片镶嵌于圆形的上阻尼块内,位于压电晶片的正极和负极分别连接导线正和导线负,导线正和导线负穿过上阻尼块与盖状外壳上的螺纹接头相连;上阻尼块和同尺寸的下阻尼块紧密贴合由内壳紧密固定,内壳嵌在盖状外壳和筒状外壳里;一导波板的上端面穿过筒状外壳的封底和下阻尼块,与压电晶片相连,导波板的下端面与被测试件接触;导波板厚度和宽度须满足单一模式的零阶水平剪切波不频散地通过;压电晶片可激发并接受横波信号,其横截面与导波板的横截面匹配。本发明使得极端环境下超声导波的长期在线监测或离线多点测量成为可能。



1. 一种极端环境下壁厚减薄测量的超声探头,其特征在于,所述的超声探头包括:

一压电晶片(6)镶嵌于圆形的上阻尼块(4)内,位于压电晶片(6)上表面(23)的正极和位于其侧面(24)的负极分别连接导线正(3)和导线负(21),导线正(3)和导线负(21)穿过上阻尼块(4)与位于盖状外壳(1)外侧的螺纹接头(2)相连;上阻尼块(4)和同直径的下阻尼块(7)紧密贴合并与胶层(20)一起由内壳(5)紧密固定,内壳(5)上端内嵌在盖状外壳(1)中,下端内嵌在筒状外壳(8)里;一导波板(10),其上端面(12)穿过筒状外壳(8)的圆形封底(9)和下阻尼块(7),与压电晶片(6)相连,导波板的下端面(11)与被测试件接触;

所述压电晶片(6)横截面的中心与导波板上端面(12)的中心重合,压电晶片(6)的下表面与导波板(10)的上端面平行,所述导波板的最小厚度d与压电晶片的中心频率f的乘积须小于导波板材料在该频率下的体波波长 λ ,导波板的宽度b与压电晶片中心频率f的乘积须大于导波板材料在该频率下体波波长 λ 的6倍;

其中,所述的压电晶片(6)中心频率f为:

$$f = \frac{K}{2t} \sqrt{\frac{E}{2(1+\mu)\rho}}$$

式中,t是压电晶片的厚度;E是压电晶片的弹性模量, μ 是压电晶片的泊松比, ρ 是压电晶片的密度,K是试验修正系数。

2. 如权利要求1所述的极端环境下壁厚减薄测量的超声探头,其特征在于,所述的压电晶片(6)为厚度剪切模式、可激发并接受横波信号的压电晶片。

3. 如权利要求1所述的极端环境下壁厚减薄测量的超声探头,其特征在于,所述的上阻尼块(4)的上表面设置一块与压电晶片阻抗匹配的电路板(19),由胶层(20)封于上阻尼块(4)上,导线正(3)和导线负(21)分别连接压电晶片的正、负极后穿过上阻尼块(4)接通电路板(19)后,与螺纹接头(2)相连。

4. 如权利要求1所述的极端环境下壁厚减薄测量的超声探头,其特征在于,所述压电晶片(6)的下表面(22)与导波板上端面(12)的连接方式为粘接或焊接。

5. 如权利要求1所述的极端环境下壁厚减薄测量的超声探头,其特征在于,所述压电晶片(6)为长方体,其长度l小于导波板的宽度b,压电晶片的宽度w不小于导波板上端面的厚度c,即 $w \geq c, l < b$ 。

6. 如权利要求1所述的极端环境下壁厚减薄测量的超声探头,其特征在于,所述的上阻尼块(4)的直径大于压电晶片(6)的长度,上阻尼块的下表面(18)与压电晶片的下表面(22)平齐。

7. 如权利要求1所述的极端环境下壁厚减薄测量的超声探头,其特征在于,所述的导波板上端面(12)与圆柱下阻尼块的上表面(16)平齐,第一通槽(14)和第二通槽(17)卡住导波板的上部。

8. 如权利要求1所述的极端环境下壁厚减薄测量的超声探头,其特征在于,所述的导波板(10)是一个可沿着与其横截面方向平行的轴弯曲的导波板。

一种极端环境下壁厚减薄测量的超声探头

技术领域

[0001] 本发明公开了一种极端环境下壁厚减薄测量的超声探头,涉及超声无损检测领域。该装置可对工作在极端环境中的管道或容器的壁厚减薄情况,进行在线长期测量和离线多点测量。

背景技术

[0002] 高温、低温、高压管道或容器广泛应用于核电、超超临界发电、石油化工等领域,一旦破裂将对现场工人以及附近的设备造成致命的伤害。部分设备可以定期停车维修,而有些设备长期无法停下来维修。对这些设备中的“重症”部件进行在线长期监测或者不拆保温时的多点测量是保证其安全的最优手段。

[0003] 为了达到这一目的,国内外学者设计了一些应变测量传感装置,如美国专利高温应变测量器US4936150和US 8955231B2、中国专利腐蚀环境下的应变测试装置200910054544.5、高温蠕胀变形测量引伸计CN102564386 A和高温微变形测量引伸计ZL201180030296.6等,这些传感装置可以对极端环境中的应变进行有效在线监测,但是设备工作时应变是一个非常微小的参量,极易受到环境中复杂因素的干扰,这些传感装置工业化推广比较难。

[0004] 而超声导波是一种检测范围广、速度快有效的无损检测方法,广泛应用于工业中结构、设备等的状态健康检测。可以产生超声导波的方式主要有压电超声换能器、激光超声换能器、电磁超声换能器和磁致伸缩换能器几种,但这几种激发方式直接用于极端环境中设备的在线监测时都有一定的困难,腐蚀性环境会腐蚀金属超声探头,从而影响其使用性能,此外,(1)压电超声换能器的使用温度超过上居里点和下居里点都会产生退极化现象,使压电材料的压电效应降低,一般的使用温度是介于(0~200)℃,很难直接地安装在高、低温环境中对结构的损伤进行离线监测,更做不到实时在线监测。(2)激光超声换能器不与高温、低温设备接触就可以产生超声波,监测设备的缺陷,这种间接的接触方式决定了激光超声换能器可以在高、低温环境中使用,但其价格比较昂贵,并且易受外界干扰,难以在工程中广泛应用。(3)电磁超声换能器和磁致伸缩换能器也是一种高、低温环境中倍受青睐的设备,但是不管是基于洛伦磁力原理的换能器还是基于磁致伸缩原理的换能器,结构的复杂性以及其有限提离距离的约束,决定了他们不适合于长期在线监测。

[0005] 为了将超声导波引入极端环境的长期监测中,间接测量逐渐引起研究者的注意。US005159838A用一根金属丝包裹在金属壳内制作成导波换能器,这种方式可以对纵波、剪切波等模式的导波有效地传播,但是信号较弱。为了克服这个缺点,US005962790A采用金属线束包裹在金属壳内制作成导波式换能器,这种方式虽然改变了上述缺点,但是由于每根线都要和底盘分别进行焊接,制作成本过于昂贵。CN202903149U等公布了圆柱形导波杆传递Lamb波测量管道壁厚减薄的系统,但是这种结构往往焊接在被测试件上,易引入应力集中,尚未见推广应用。US 9527111B2提出了一种渐变式导波结构,以便产生强指向性射束的窄波,对缺陷进行准确定位。该结构的每一个横截面均为矩形,矩形的边长从上到下逐渐增

大,纵截面近似为梯形。由于底部是一个矩形平面,比较适合于表面为平面的被测结构,不适合在管道或容器上安装。CN 206223118U公开了一种基于矩形横截面导波杆的高温部件壁厚监测装置,该装置将压电传感器机械装配在矩形横截面导波杆一端,超声能量损失比较严重,同时该装置采用两根并行的矩形截面板为导波杆,一根做激发用,一根做接收用,该导波杆一旦弯曲将导致单侧导波杆失效。CN200680050234.0和US 2016/0109414 A1公布的超声无损检测设备借助电磁超声换能器的线圈,既可以激发剪切波又可以激发压缩波,设备整体结构比较复杂。并且该装置激发基本上单一模式的超声导波,有A0,S0和SH0三种模式,并非严格意义上的单一模式的超声导波,而严格意义上的单一模式的超声导波在壁厚减薄测量中非常重要。

[0006] 为了弥补以上专利中的不足,本文提供一种能够在极端环境中长期使用的、轻便的可激发单一模式SH0导波的超声探头,以便提高超声导波在极端环境壁厚减薄监测中的精确度和可靠性。

发明内容

[0007] 本发明所要解决的技术问题是为极端环境下管道或容器厚度减薄的在线监测或离线检测提供一种可靠的、便捷的、不受环境干扰的测量探头。

[0008] 本发明是通过下述技术方案实现的:

[0009] 一种极端环境下壁厚减薄测量的超声探头,其特征在于,所述的探头包括:

[0010] 一压电晶片6镶嵌于圆形的上阻尼块4内,位于压电晶片6上表面23的正极和位于其侧表面24的负极分别连接导线正3和导线负21,导线正3和导线负21穿过上阻尼块4与位于盖状外壳1外侧的螺纹接头2相连;上阻尼块4和同直径的下阻尼块7紧密贴合并与胶层20一起由内壳5紧密固定,内壳5上端内嵌在盖状外壳1中,下端内嵌在筒状外壳8里;一导波板10,其上端面12穿过筒状外壳8的圆形封底9和下阻尼块7,与压电晶片6相连,导波板的下端面11与被测试件接触;

[0011] 所述压电晶片6横截面的中心与导波板上端面12的中心重合,压电晶片6的下表面与导波板10的上端面平行,所述导波板的最小厚度d与压电晶片的中心频率f的乘积须小于导波板材料在该频率下的体波波长 λ ,导波板的宽度b与压电晶片中心频率f的乘积须大于导波板材料在该频率下体波波长 λ 的6倍;

[0012] 其中,所述的压电晶片(6)中心频率f为:

$$[0013] \quad f = \frac{K}{2t} \sqrt{\frac{E}{2(1+\mu) \rho}}$$

[0014] 式中,t是压电晶片的厚度;E是压电晶片的弹性模量, μ 是压电晶片的泊松比, ρ 是压电晶片的密度,K是试验修正系数。

[0015] 所述的压电晶片6为厚度剪切模式、可激发并接受横波信号的压电晶片。

[0016] 所述的上阻尼块4的上表面设置一块与压电晶片阻抗匹配的电路板19,由胶层20封于上阻尼块4上,导线正3和导线负21分别连接压电晶片的正、负极后穿过上阻尼块4接通电路板19后,与螺纹接头2相连。

[0017] 所述压电晶片的下表面22与导波板上端面12的连接方式为粘接或焊接。

[0018] 所述压电晶片为长方体,其长度l小于导波板的宽度b,压电晶片的宽度w不小于导

波板上端面的厚度 c ,即 $w \geq c, l < b$ 。

[0019] 所述的上阻尼块4的直径大于压电晶片6的长度,上阻尼块的下表面18与压电晶片的下表面22平齐。

[0020] 所述的导波板上端面12与圆柱下阻尼块的上表面16平齐,第一通槽14和第二通槽17卡住导波板的上部。

[0021] 所述的导波板10是一个可沿着与其横截面方向平行的轴弯曲的导波板。

[0022] 有益效果

[0023] 本发明的优点在于:

[0024] 1.该超声探头可以激发单一模式的SH0导波,将有效提高超声导波在壁厚减薄测量中精确度和可靠性。

[0025] 2.该超声探头可以根据被测试件的安装环境弯曲,从而提高其实用性。

[0026] 3.极端环境下壁厚减薄在线测量的超声探头,使得极端环境下超声导波的长期监测成为可能。

[0027] 4.极端环境下壁厚减薄在线测量的超声探头,将有效减少拆保温层、搭脚手架等繁琐的辅助工作。

[0028] 5.导波板将被测试件的监测信号从高温区(50°C – 650°C)引伸至常温区进行感知,改善了探头的压电晶片、电路等温度敏感部件的工作环境,可以对工作在高温环境中的管道或容器的壁厚减薄情况,进行在线长期测量和离线多点测量。

[0029] 6.导波板将被测试件的监测信号从腐蚀区引伸至无腐蚀区进行感知,改善了探头的压电晶片、电路等温度敏感部件的工作环境,可以对工作在腐蚀环境中的管道或容器的壁厚减薄情况,进行在线长期测量和离线多点测量。

[0030] 7.导波板将被测试件的监测信号从低温区(-196°C – 10°C)引伸至常温区进行感知,改善了探头的压电晶片、电路等温度敏感部件的工作环境,可以对工作在低温环境中的管道或容器的壁厚减薄情况,进行在线长期测量和离线多点测量。

附图说明

[0031] 附图1为本发明的结构示意图

[0032] 其中,1:盖状外壳,2:螺纹接头,3:导线正,4:上阻尼块,5:内壳,6:压电晶片,7:下阻尼块,8:筒状外壳,9:圆形封底,10:导波板,11:导波板下端面;12:导波板上端面,13:外壳封底的下表面,14:第一通槽,15:筒状外壳的下端面,16:下阻尼块的上表面,17:第二通槽,18:上阻尼块的下表面,19:电路板,20:胶层,21:导线负;

[0033] 附图2为压电晶片的立体图。其中,22:压电晶片的下表面,23:压电晶片的上表面,24:压电晶片的侧表面;

[0034] 附图3为压电晶片的二视图。其中, t :压电晶片的厚度, w :压电晶片的宽度, l :压电晶片的长度;

[0035] 附图4为导波板示例(一)的二视图。其中, a :导波板的长度, b :导波板的宽度, c :导波板上端面12的厚度, d :导波板下端面11的厚度, $d=c$;

[0036] 附图5为导波板示例(二)的二视图。其中, a :导波板的长度, b :导波板的宽度, c :导波板上端面12的厚度, d :导波板下端面11的厚度, $c>d$;

- [0037] 附图6为压电晶片与导波板的装配示例图(一)；
- [0038] 附图7为压电晶片与导波板的装配示例图(二)；
- [0039] 附图8为压电晶片与导波板的装配示例图(三)；
- [0040] 附图9为压电晶片激发超声的指向。其中,25:超声,26:后向声波27:前向声波；
- [0041] 附图10为一种极端环境下壁厚减薄测量的超声探头的安装示例一；
- [0042] 附图11为一种极端环境下壁厚减薄测量的超声探头的安装示例二；
- [0043] 附图12为一种极端环境下壁厚减薄测量的超声探头的安装示例三；
- [0044] 附图13为一种极端环境下壁厚减薄测量的超声探头的实施案例工作原理图。其中,28:一种极端环境下壁厚减薄测量的超声探头,29:被测试平板,30:高温鼓风机,31:液氮低温箱；
- [0045] 附图14为实施例1的高温壁厚测量采集信号的时域图。其中,32:波包1,即导波板板底回波;33:波包2,即被测平板板底一次回波;34:波包3,即被测平板板底二次回波;35:波包4,即被测平板板底三次回波。

具体实施方式

[0046] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步说明：

[0047] 由图1所示结构图可知,导波板10可以是一个有限宽度的长方体薄板(图4),导波板10也可以是一个锥形体结构(图5),导波板下端面11与被测试件接触。导波板上端面12穿过圆形封底9和圆形下阻尼块7与压电晶片的下表面22紧密贴合,压电晶片的下表面22可以粘接或焊接在导波板10上。压电晶片6镶嵌在上阻尼块4里,压电晶片的下表面23与上阻尼块的下表面18平齐。上阻尼块4的直径大于压电晶片6的长度。圆形封底9中心部位设有第一通槽14,下阻尼块7的相应部位设有第二通槽17,下阻尼块7的直径大于通槽的长度。两通槽紧密卡住导波板的上端部;导线正3连接压电晶片的上表面23上的正极,导线负21连接压电晶片的侧表面24上的负极,导线正3和导线负21穿过上阻尼块4、接通封于胶层20和上阻尼块间的电路板19并与螺纹接头2相连;螺纹接头2设置在盖状外壳1的外侧面;上阻尼块的下表面18与下阻尼块的上表面16紧密贴合,上阻尼块4、下阻尼块7和胶层20由内壳5固定;内壳5的上端内嵌在盖状外壳1里,内壳5的下端内嵌在筒状外壳8里。

[0048] 所述的压电晶片的形状为长方体(图2),可以选择石英单晶体、压电陶瓷、复合压电材料等,采用厚度剪切模式,可激发并接受横波信号。压电晶片的下表面22的形状和大小须与导波板上端面12匹配,以便提高压电晶片6辐射的声波能量利用率。压电晶片的下表面22和导波板上端面12的形状都为矩形。压电晶片6横截面的中心与导波板上端面12的中心重合,压电晶片6的长与导波板10的宽平行,以便激发单一模式的零阶水平剪切波。压电晶片6的长度 l 略小于导波板10的宽度 b ,即 $l < b$ 。压电晶片的宽度 w 可以等于导波板上端面12的厚度 c ,即 $w = c$ (图6和图8);当压电晶片6太小时,加工比较困难,为了便于加工制造,压电晶片的宽度 w 可以大于导波板上端面12的厚度 c ,即 $w > c$ (图7)。

[0049] 在电脉冲激励下压电晶片6产生振动,辐射超声波,经过导波板10,传播入射到被测试件,被测试件的反射回波通过导波板10作用在压电晶片6,压电晶片6受迫振动引起形变转换成电信号。

[0050] 所述的导波板10的材料是由满足于高温(50°C – 650°C)、低温(196°C – -10°C)、腐蚀

等极端环境特定需求的材料。此外,由于不同的材料具有不同的声阻抗,超声波由导波板传递到被测试件需经过二者的分界面,为了尽可能地保证超声波传递的连续性与检测的精确性,导波板的材料最好选择被测试件的材料。

[0051] 导波板10的最小厚度 d 和宽度 b 与导波板材料中波的频散特性有关,厚度 d 与压电晶片的中心频率 f 的乘积须小于导波板材料在该频率下的体波波长 λ ,以便仅允许零阶水平剪切波通过,宽度 b 与压电晶片的中心频率 f 的乘积须大于导波板材料在该频率下体波波长 λ 的6倍,以便使得一个完整的波包不频散地通过导波板10;此外,考虑到导波板在工程应用时的灵活性以及厚度对温度场分布的影响,导波板的厚度在满足频散特性的前提下尽量选择薄一些的板,这样既方便导波板弯曲(图10-12),又加快接近测试件的导波板下端面11温度的散发,减少温度对导波板上端面12的影响;导波板10的长度须长于被测试件保温层厚度,并留有散热余量,该余量可以根据所使用导波板材料的导热系数和空气的自然对流换热系数,由热力学相关知识计算求出。

[0052] 当给压电晶片6施加电激励后,其前向和后向都会发出声波(图9)。由于周围介质的声阻抗与压电晶片6不一样,如果部分声能遇到探头内的界面处反射再回到压电晶片6,将以声波形式在压电晶片6内传播,这种情况下入射到导波板的波不但有检测所需要的声波,还有来自于探头内各个界面处的反射回波,反射回波对于检测所需要的声波来说是干扰杂波。因此,在探头内部设计上阻尼块4,将干扰杂波吸收掉,上阻尼块4主要吸收压电晶片6的后向声波26;此外,当给压电晶片6施加电激励后,压电晶片6开始振动,上阻尼块4对压电晶片6还起阻尼作用,使得压电晶片6尽快停下来,减少余震,减小超声波脉冲宽度,提高超声检测分辨力;上阻尼块4和下阻尼块7主要是由环氧树脂、固化剂、橡胶、钨粉、四氧化三铅等按比例调配而成的吸声材料,调配好后将其直接浇注在压电晶片周围。下阻尼块7比上阻尼块4稍硬,起到固定压电晶片和导波板的作用,上阻尼块稍软,还起到保护导线正3和导线负21的作用。

[0053] 圆形封底的下表面13与筒状外壳的下端面15平齐,圆形封底9的材料可以选用氧化铝(刚玉)薄膜,是一种常用的探头硬保护膜,保护下阻尼块7不受工作环境污染和破坏。

[0054] 探头正常工作时,检测系统中的超声信号发生器给压电晶片6提供一定频率及一定功率的超声频电能,为了提高超声波信号发生器与压电晶片6之间的功率与效率的传输,为压电晶片6设计匹配电路板19。设计的依据是阻抗匹配的基本原理,由电感与电容的串、并联组合完成。

[0055] 所述的螺纹接头2外接导线,与外部的信号采集设备连接。

[0056] 实施案例一

[0057] 设计加工一个高温环境下壁厚减薄测量的超声探头,压电晶片6选择2-2复合材料,外壳封底9选用氧化铝(刚玉),内壳5选用聚四氟乙烯,盖状外壳1选用硬铝合金2219,导波板(10)的厚度为1mm,宽度为20mm,长度为300mm,材料为316L不锈钢,压电晶片的厚度为1mm,宽度为1mm,长度为18mm,电路板19与压电晶片6的阻抗匹配,由市售的电阻、电容等部件组装而成。我们采用广东风华高新科技股份有限公司如下规格的配件:电容,型号:CC4-0805N200J500F3,电阻,型号:RC-MT08W512JT,电感,型号:LGA0204-221KP52E。

[0058] 被测试样为3块316L不锈钢制作的平板,厚度分别为10mm,8mm和6mm。将被测试样放入高温鼓风箱内(图13),高温箱上部开槽孔,将本发明探头的导波板下端面11从上到下

插入高温箱的槽孔中,借助夹具将导波板10紧密固定在高温鼓风箱内的平板上。除了导波板下端面11及部分导波板外,所述超声探头的其他部分均放置在高温箱外,并通过电线与信号采集仪器连接。高温箱温度加热至300℃,保温20分钟后测量。对三个被测试样多次测量,每次采集到的时域信号波形都比较纯净,其中对板厚为10mm的平板测厚时,采集到的信号图如图14所示,波包1为导波板板底回波,波包2为板底一次回波,波包3为板底二次回波,波包4为板底三次回波,该信号的测试波速为3055m/s,与316L不锈钢平板中的零阶水平剪切波的波速3108m/s接近,因此可以判断采集到的信号波为单一的零阶水平剪切波。根据板底接收到的回波时间 t 和信号波速 v ,可以计算得到被测板的厚度 h ,

[0059] $h=v \cdot t$

[0060] 三块板测量厚度分别为10mm,8mm和6mm,测试最大误差为0.1mm,满足工程需求。

[0061] 实施案例二

[0062] 设计加工一个低温环境下壁厚减薄测量的超声探头,压电晶片6选择2-2复合材料,封底9选用氧化铝(刚玉),内壳5选用聚四氟乙烯,盖状外壳1选用硬铝合金2219,导波板10的宽度为20mm,导波板上端面12的厚度为10mm,导波板下端面11的厚度为1mm,长度为150mm,材料为316L不锈钢,压电晶片的厚度为1mm,宽度为10mm,长度为18mm,电路板19与压电晶片6的阻抗匹配,由市售的电阻、电容等部件组装而成。我们采用广东风华高新科技股份有限公司如下规格的配件:电容,型号:CC4-0805N200J500F3,电阻,型号:RC-MT08W512JT,电感,型号:LGA0204-221KP52E。

[0063] 被测试样为3块316L不锈钢制作的平板,厚度分别为10mm,8mm和6mm。将被测试样放入液氮低温箱内(图13),低温箱上部开槽孔,将本发明探头的导波板下端面11从上到下插入低温箱的槽孔中,借助夹具将导波板10紧密固定在液氮低温箱内的平板上。除了导波板下端面11及部分导波板外,探头的其他部分均放置在液氮低温箱外,并通过电线与信号采集仪器连接。低温箱温度降低至-100℃,保载20分钟后测量。对三个被测试样多次测量,每次采集到的时域信号波形都比较纯净,根据板底接收到的回波时间 t 和波速 v ,可以计算得到被测板的厚度 h 分别等于理论厚度,测试最大误差为0.1mm,满足工程需求。

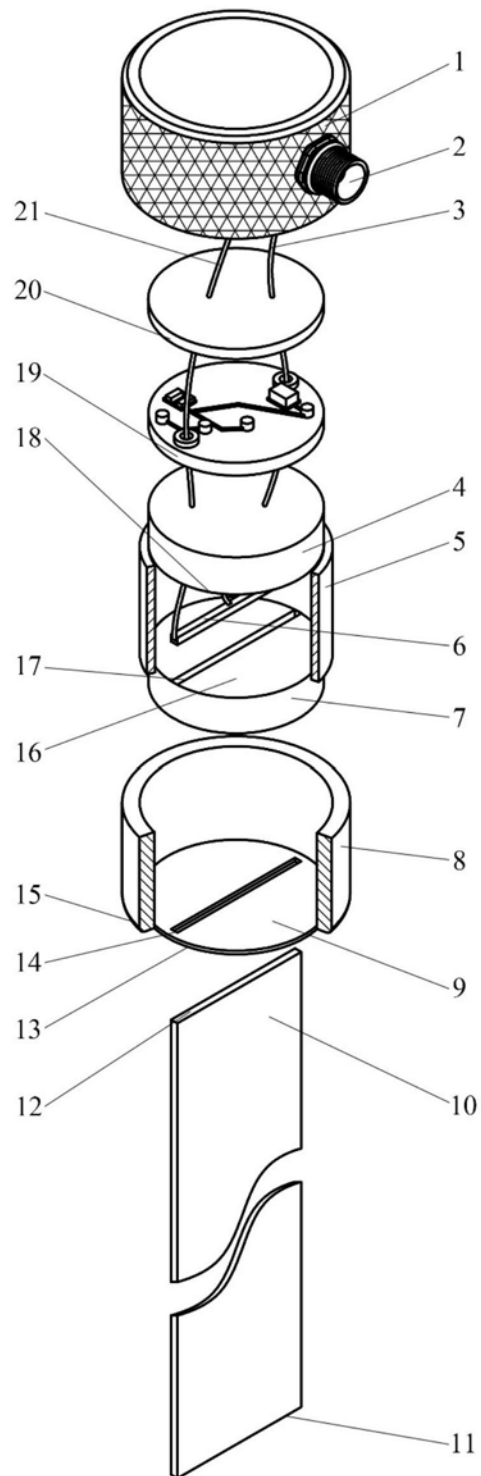


图1

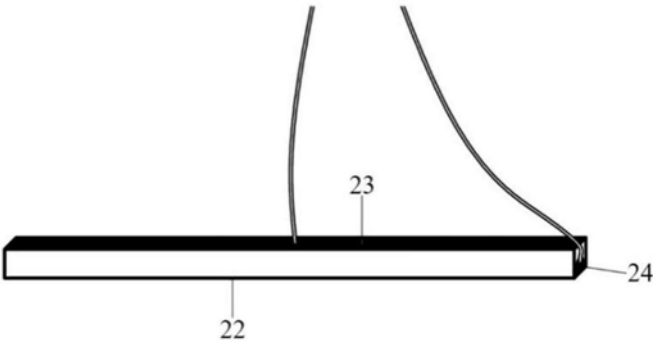


图2

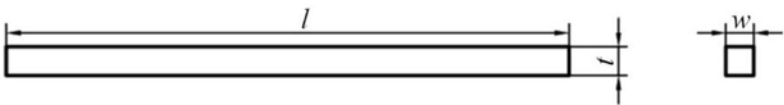


图3

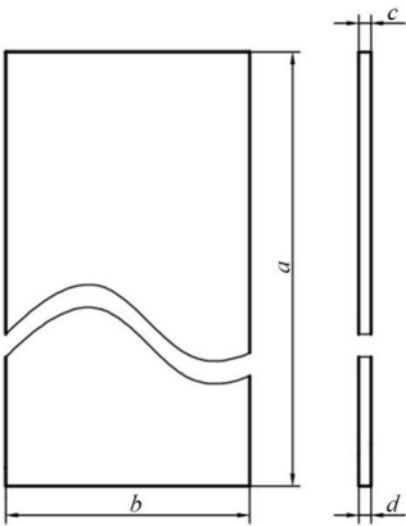


图4

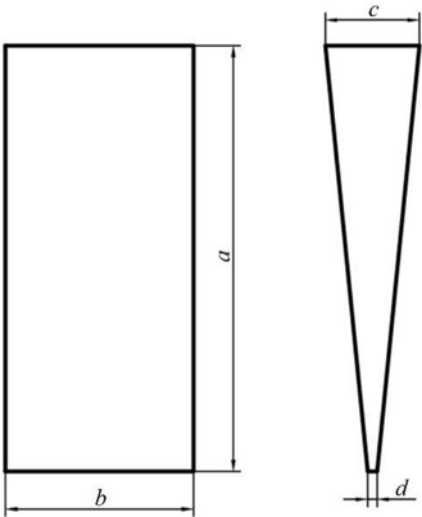


图5

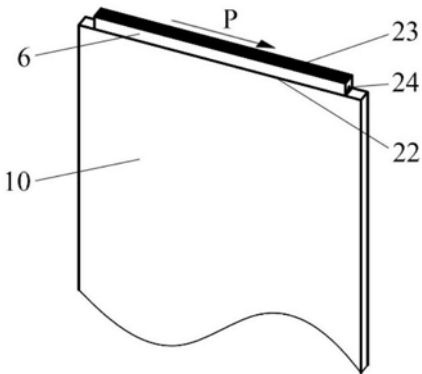


图6

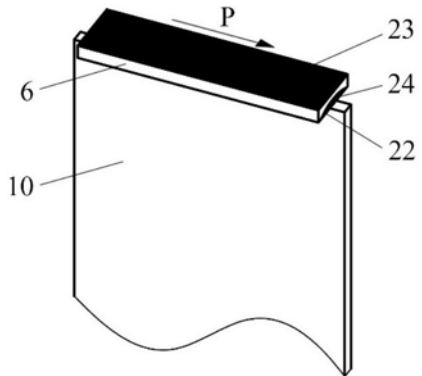


图7

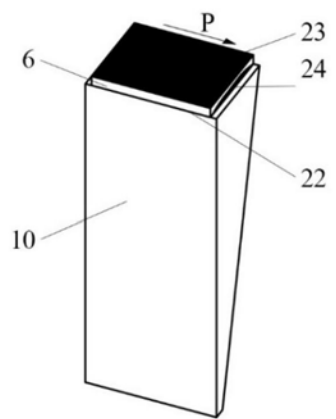


图8

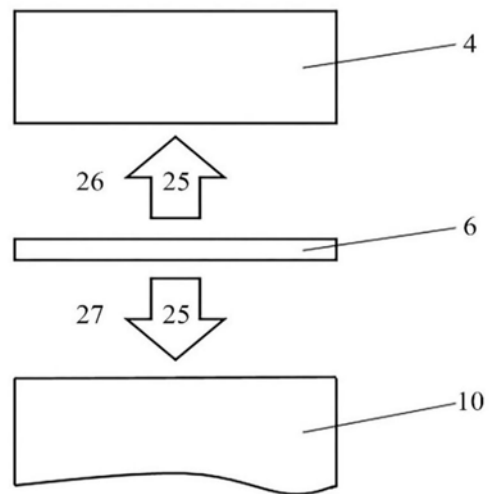


图9

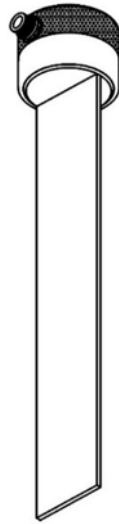


图10



图11

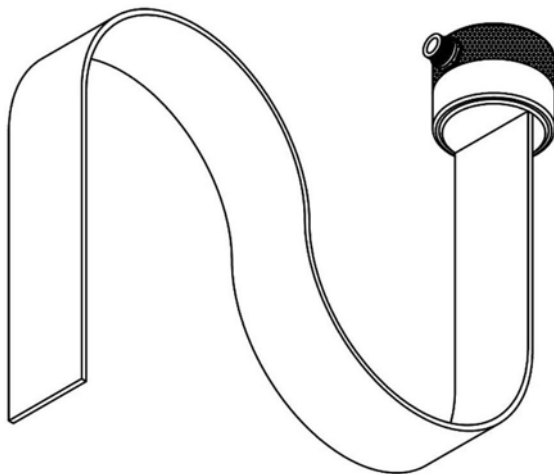


图12

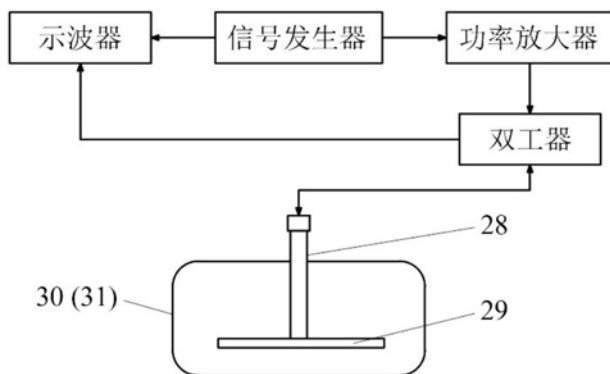


图13

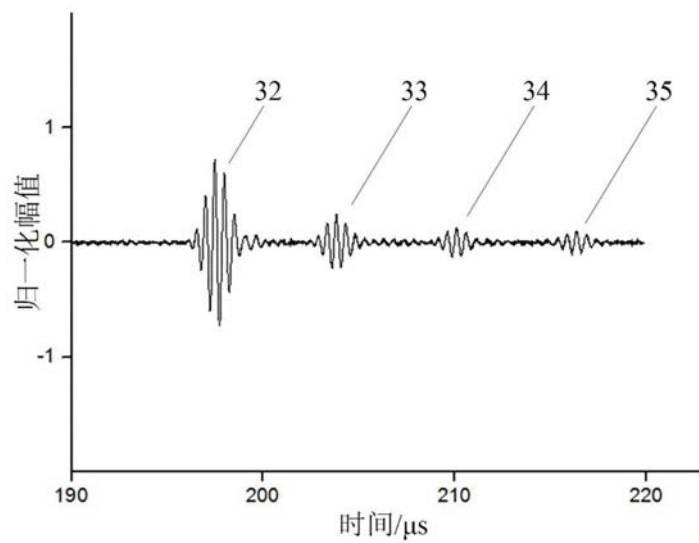


图14