



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102183582 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 29

(21) 申请号 201110030078. 4

审查员 黄艳

(22) 申请日 2011. 01. 27

(73) 专利权人 中国商用飞机有限责任公司

地址 200120 上海市浦东新区张杨路 25 号

专利权人 上海飞机制造有限公司

北京航空航天大学

(72) 发明人 刘卫平 张冬梅 刘奎 周晖

于光 叶金蕊 张博明 周正干

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 楼仙英

(51) Int. Cl.

G01N 29/06 (2006. 01)

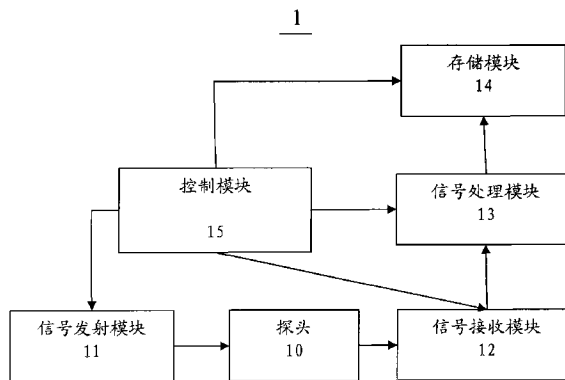
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

超声波无损检测装置及其方法

(57) 摘要

一种超声波无损检测装置,其包括:探头、信号发射模块、信号接收模块、处理模块、存储模块和控制模块。其中,信号发射模块用于激励探头产生超声波,探头用于发射与接收超声波信号,信号接收模块用于从探头接收反射的超声波信号;处理模块具有放大电路、滤波电路、A/D 转换电路、包络信号变换单元、扫描单元以及数据融合处理单元;存储模块用于存储经由所述处理模块处理后的信号。其中,扫描单元具有时间段连续设置的软件动态闸门,其用于监测待测试样在不同的深度位置处的超声波信号。本发明克服了其他检测方式中无法克服的厚度方向细分度与板厚方向覆盖率的矛盾,尤其对于非等厚层压板,这种检测装置既保证了检出率同时又保证了厚度方向的细分度。



1. 一种超声波无损检测装置,其用于检测待测试样的内部缺陷,所述装置包括:探头、信号发射模块、信号接收模块、处理模块、存储模块和控制模块;其中,所述探头用于与所述待测试样接触,所述信号发射模块用于激励所述探头而使所述探头产生超声波,所述信号接收模块用于从所述探头接收反射信号;所述处理模块具有放大电路、滤波电路、A/D 转换电路、包络信号变换单元、扫描单元以及数据融合处理单元;所述存储模块用于存储经由所述处理模块处理后的信号;所述控制模块用于控制上述各模块;其中,所述扫描单元具有时间段连续设置的软件动态闸门,其用于监测所述待测试样在不同的深度位置处的超声波信号;所述数据融合处理单元用于将所述软件动态闸门的成像数据融合后而获得完整的 C 扫描图像;其中,所述软件动态闸门根据所述反射信号在所述待测试样中不同深度的时差对应于所述待测试样的不同深度设置。

2. 根据权利要求 1 所述的检测装置,其中,所述包络信号变换单元为希尔伯特变换处理程序,其用于将所述 A/D 转换电路转换后的回波信号进行希尔伯特变换得到回波包络信号。

3. 根据权利要求 1 所述的检测装置,其中,所述存储模块具有只读存储器 ROM 和 / 或随机存取存储器 RAM。

4. 根据权利要求 1 所述的检测装置,其中,所述存储模块和所述 A/D 转换电路集成为高速数据采集卡。

5. 根据权利要求 1 所述的检测装置,其中,所述控制模块为单片机。

6. 根据权利要求 1 所述的检测装置,其中,所述处理模块还包括信号衰减补偿处理单元,其根据所述待测试样的不同位置处的深度对信号进行衰减量的补偿。

7. 根据权利要求 1 所述的检测装置,其中,所述待测试样是非等厚的。

8. 根据权利要求 7 所述的检测装置,其中,所述待测试样是碳纤维增强树脂基复合材料的层压板。

9. 一种对待测试样进行超声波无损检测的方法,其包括:由信号发射模块激励探头产生超声波并由信号接收模块从探头接收反射信号的步骤;由处理模块对所述反射信号进行前置放大和滤波处理、A/D 转换处理、希尔伯特信号变换处理和扫描成像处理的步骤;由存储模块存储所述处理模块处理后的信号的步骤;由处理模块中的扫描单元所设置的时间段前后连续的软件动态闸门在所述扫描成像处理中监测在不同深度位置处的超声波信号的步骤;由数据融合处理单元将所述软件动态闸门的成像数据融合后而获得完整的 C 扫描图像的步骤;其中,所述软件动态闸门根据反射信号在所述待测试样中不同深度的时差对应于所述待测试样的不同深度设置。

10. 根据权利要求 9 所述的方法,其中,所述希尔伯特信号变换处理由希尔伯特变换处理程序进行,其用于将所述 A/D 转换处理后的回波信号进行希尔伯特变换得到回波包络信号。

11. 根据权利要求 9 所述的方法,其中,所述存储模块具有只读存储器 ROM 和 / 或随机存取存储器 RAM。

12. 根据权利要求 9 所述的方法,其中,所述 A/D 转换处理由 A/D 转换电路进行,所述存储模块和所述 A/D 转换电路集成为高速数据采集卡。

13. 根据权利要求 9 所述的方法,其中,所述方法还包括所述处理模块根据所述待测试

样的不同的深度位置对信号进行衰减量补偿的步骤。

14. 根据权利要求 9 所述的方法,其中,所述信号发射模块和所述信号接收模块采用单发单收反射法。

15. 根据权利要求 9 所述的方法,其中,所述待测试样是非等厚的。

16. 根据权利要求 15 所述的方法,其中,所述待测试样是碳纤维增强树脂基复合材料的层压板。

超声波无损检测装置及其方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超声波无损检测装置以及方法,特别是涉及一种用于检测非等厚的待测试样的超声波无损检测装置以及方法。

背景技术

[0002] 无损检测 (nondestructive test) 简称 NDT,是不破坏和损伤受检物体,对它的性能、质量、有无内部缺陷进行检测的一种技术。在现有的无损检测方法中,常规的主要有射线探伤 (RT) 方法、超声检测 (UT) 方法、渗透探查 (PT) 方法、磁粉检测 (MT) 方法、涡流检测 (ET) 方法,当然还有非常规的,如微波检测方法、电位检测方法等。

[0003] 超声检测 (UT) 是利用超声波在被检测材料中传播时,材料的声学特性和内部组织的变化对超声波的传播产生一定的影响,通过对超声波受影响程度和状况的探测了解材料性能和结构变化。在超声波进入物体遇到缺陷时,一部分声波会产生反射,接收器通过对反射波进行分析,来测量材料的厚度、来发现隐藏的内部缺陷,或来分析诸如金属、塑料、复合材料、陶瓷、橡胶以及玻璃等材料的特性等。

[0004] 通常,在超声波对待测试样进行检测的扫描处理中,以探头在试样表面的各个位置处依次进行 A 扫描分别得到各个位置处试样深度方向的 A 扫描信号,由于超声波会在试样的入射界面、底面、入射界面和底面之间的缺陷处均有强弱不同的回波,故对各个位置处的 A 扫描信号进行分析可以得到一幅能反映缺陷水平投影的 C 扫描图像。一般,在界面波与底波之间会设置闸门,用亮度或颜色代表信号幅度的大小,例如高幅值的回波以高亮度代表从而在对应的探头位置上显示得到一幅可反映试样内部缺陷的 C 扫图像。对于非等厚层压板试样,例如这样的试样:左端一段为 6mm 板厚,右端一段为 2mm 板厚,中间一段为深度(或厚度)逐渐变化的斜坡状过渡区,当采用单个固定门宽的闸门设置,会出现如图 3 所示情形,即,如图 3(a) 所示的有缺陷区域缺陷回波的回波幅值与如图 3(b) 所示的无缺陷处的相同厚度的底波回波幅值相近似。换言之,底面回波信号与不同位置处的板内缺陷信号在时间上具有重叠效应,这将导致 C 扫图像中对缺陷的误判。因此,试样中的缺陷就难以直观地将 C 扫图像中完整地呈现出来以供识别从而导致漏检。尤其在对复合材料的检测中,由于声衰减比较大,当试样上表面回波的尾波比较大时,就会影响到门宽的选取,这即使在同等厚板的检测中也是一个比较常见的问题。

[0005] 另外,由于应用需要,需要制作非等厚的碳纤维增强树脂基复合材料 (CFRP) 构件。所述碳纤维增强树脂基复合材料是一种高强度低重量的非金属基复合材料,日益广泛应用于航空、航天、汽车以及各生产生活领域,然而,对这种非等厚的复合材料构件的探伤检测却受到了传统的探伤设备的设备能力和检测方法的限制,难以对其实现准确检测。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服有缺陷区域缺陷回波的回波幅值与无缺陷处的相同厚度的底波回波幅值相近而使得缺陷难以识别并导致漏检的技术问题,尤其是解决非等厚待

测试样的超声波无损检测问题,通过设置连续软件动态闸门的方法监测不同深度的回波信号,再根据板厚对回波信号进行衰减量补偿,最后通过数据融合对各软件闸门扫描成像进行处理,最终实现非等厚层压板尤其是碳纤维增强树脂基复合材料非等厚层压板的超声波无损检测。

[0007] 本发明所采用的技术方案是:一种超声波无损检测装置,其用于检测待测试样的内部缺陷,所述装置包括:探头、信号发射模块、信号接收模块、处理模块、存储模块和控制模块。其中,所述探头用于与所述待测试样接触;所述信号发射模块用于激励所述探头而使所述探头产生超声波;所述信号接收模块用于从所述探头接收反射信号;所述处理模块具有放大电路、滤波电路、A/D 转换电路、包络信号变换单元、扫描单元以及数据融合处理单元;所述存储模块用于存储经由所述处理模块处理后的信号;所述控制模块用于控制上述各模块;其中,所述扫描单元具有时间段连续设置的软件动态闸门,其用于监测所述待测试样的不同深度位置的超声波信号;所述数据融合处理单元用于将所述软件动态闸门的成像数据融合后而获得完整的 C 扫描图像。

[0008] 具体地,所述软件动态闸门根据所述反射信号在所述待测试样中不同深度的时差对应于所述待测试样的不同深度设置。

[0009] 具体地,所述包络信号变换单元为希尔伯特变换处理程序,其用于将所述 A/D 转换电路转换后的回波信号进行希尔伯特变换得到回波包络信号。

[0010] 具体地,所述存储模块具有只读存储器 ROM 和 / 或随机存取存储器 RAM。

[0011] 优选地,所述存储模块和所述 A/D 转换电路集成为高速数据采集卡。

[0012] 具体地,所述控制模块为单片机。

[0013] 优选地,所述处理模块还包括信号衰减补偿处理单元,其根据所述待测试样中缺陷不同埋深对信号进行衰减量的补偿。

[0014] 具体地,所述待测试样是非等厚的。

[0015] 更具体地,所述待测试样是碳纤维增强树脂基复合材料的层压板。

[0016] 本发明还公开了一种对待测试样进行超声波无损检测的方法。具体地,待测试样为非等厚的。该检测方法包括:由信号发射模块激励探头产生超声波并由信号接收模块从探头接收反射信号的步骤;由处理模块对所述反射信号进行前置放大和滤波处理、A/D 转换处理、希尔伯特信号变换处理和扫描成像处理的步骤;由存储模块存储所述处理模块处理后的信号的步骤;由在处理模块的扫描单元中所设置的时间段前后连续的软件动态闸门在所述扫描成像处理中监测在不同深度位置处的超声波信号的步骤;由处理模块的数据融合处理单元将所述软件动态闸门的成像数据融合后而获得完整的 C 扫描图像的步骤。

[0017] 具体地,所述软件动态闸门根据反射信号在所述待测试样中不同深度的时差对应于所述待测试样的不同深度设置。

[0018] 具体地,所述希尔伯特信号变换处理由希尔伯特变换处理程序进行,其用于将所述 A/D 转换处理后的回波信号进行希尔伯特变换得到回波包络信号。

[0019] 可选择地,所述存储模块具有只读存储器 ROM 和 / 或随机存取存储器 RAM。

[0020] 具体地,所述 A/D 转换处理由 A/D 转换电路进行,所述存储模块和所述 A/D 转换电路集成为高速数据采集卡。

[0021] 优选地,所述方法还包括所述处理模块根据所述待测试样的不同的深度位置对信

号进行衰减量补偿的步骤。

[0022] 可选择地,所述信号发射模块和所述信号接收模块采用单发单收反射法。

[0023] 具体地,所述待测试样是非等厚的。

[0024] 更优选地,所述待测试样是碳纤维增强树脂基复合材料的层压板。

[0025] 本发明的有益效果是,由于采用了连续软件动态闸门方法,克服了其他检测方式中单一或多个闸门设置中无法克服的厚度方向细分度与板厚方向覆盖率的矛盾,尤其对于非等厚层压板的检测,既保证了检出率又保证了厚度方向的细分度,对于碳纤维增强树脂基复合材料非等厚层压板的超声波无损检测具有重要的实用价值。

附图说明

[0026] 为了解释本发明,将在下文中参考附图描述其示例性实施方式,附图中:

[0027] 图 1 是本发明的超声波无损检测装置的示意图;

[0028] 图 2 是多个连续软件动态闸门设置的示意图;

[0029] 图 3 是在现有技术中非等厚板的较厚处缺陷回波以及较薄处底波回波信号的示意图。

具体实施方式

[0030] 下面将结合附图对本发明做进一步的详细说明。

[0031] 如图 1 所示,本发明提供了一种超声波无损检测装置 1,尤其可以应用于非等厚待测试样的检测中,其中,非等厚待测试样为非等厚层压板,更具体地,为碳纤维增强树脂基复合材料的层压板。所述装置 1 包括:探头 10、信号发射模块 11、信号接收模块 12、处理模块 13、存储模块 14 以及控制模块 15。其中,所述探头 10 用于发射与接收超声波信号,该探头 10 实质上为电声换能器,其利用压电晶体片的正、逆压电效应来工作。所述信号发射模块 11 具有脉冲发生器,其用于发射电信号给所述探头从而激励探头产生超声波。所述信号接收模块 12 具有脉冲接收器,其用于从所述探头 10 接收反射脉冲信号。所述处理模块 13 具有放大电路、滤波电路、A/D 转换电路、包络信号变换单元、扫描单元以及数据融合处理单元。所述控制模块 15 用来控制信号发射模块 11、信号接收模块 12、处理模块 13、存储模块 14 使它们协同工作。

[0032] 通常地,所述包络信号变换单元为希尔伯特变换处理程序,其用于将 A/D 转换后的回波信号进行希尔伯特变换得到回波包络信号。所述存储模块 14 具有只读存储器 ROM 和/或随机存取存储器 RAM,其用于将经由所述处理模块 13 处理后的信号存储于存储器上,一般地,这些信号为波形信号,例如,相应于上述处理模块 13 中的包络信号变换单元,存储模块 14 就将回波包络信号存储起来,另外,对应于扫描单元以及数据融合处理单元,存储模块 14 就将处理后所分别对应的波形数据储存在存储器中。

[0033] 优选地,在本发明中,所述存储模块 14 和所述 A/D 转换电路集成为高速数据采集卡。

[0034] 具体地,所述控制模块 15 通常为单片机。

[0035] 为了实现本发明的目的,所述处理模块 13 中的扫描单元具有时间段连续设置的软件动态闸门,其用于监测待测试样在不同深度位置处的超声信号检测结果,根据回波信

号时差设置处理程序的时间参数延迟,再对应不同深度设置相应的动态触发闸门,各闸门在时间段上前后连续,从而可以实现不同深度的超声回波信号的成像并且保证不会漏检待测试样的各深度值上的回波信号。

[0036] 更具体地,本发明可以由结合探头的Panametrics-NDT 5058PR型(或5800PR型)超声波发射接收仪、具有高速数据采集卡的工控机、安装在工控机中的扫描处理程序和图像处理程序等来实现,其中,在扫描处理程序中设有时间段连续的软件动态闸门。

[0037] 在其他的实施方式中,所述信号发射模块11和所述信号接收模块12可以集成在一个模块中,即信号发射及接收模块;另外,所述处理模块13、所述控制模块15也可以集成在一个模块中;无论如何,只要通过对硬件和软件的设置能够实现上述各模块的功能即可。由于超声波在介质中传播时其能量随着传播距离的增加而逐渐减弱,尤其在复合材料中传播时衰减更大,因此,较优地,所述处理模块13还可以包括信号衰减补偿处理单元,其用于根据不同位置的板厚对信号进行衰减量的补偿,通过衰减补偿处理单元进行衰减补偿后可以弥补由于缺陷埋深不同而导致的超声波能量减弱。

[0038] 本发明还提供了一种待测试样的超声波无损检测方法,尤其可以应用于非等厚的待测试样的检测中。优选地,所述非等厚的待测试样为碳纤维增强树脂基复合材料的层压板。在该检测方法中采用一个能够激励和接收单周期超声波信号探头,应用单发单收反射法检测非等厚层压板,在检测过程中始终保持探头10与非等厚层压板的一面垂直,信号发射模块11激励探头10发出超声波信号并经过试样的表面和底面反射后再由信号接收模块12从探头10接收,通过表面回波信号与底面回波信号之间的缺陷信号从而实现超声波无损检测。信号接收模块12接收的回波信号先通过处理模块13中的放大电路和滤波电路进行前置放大及滤波后由A/D转换电路实现模拟信号到数字信号的转换。然后,将上述数字信号通过包络信号变换单元对其进行希尔伯特变换信号处理得到回波包络信号。最后利用处理模块13中的扫描单元进行图像扫描处理加以分析。

[0039] 其中,为了解决扫描信号中不同厚度处的底面回波信号与不同位置处的板内缺陷信号在时间上的重叠效应而对扫描所带来的不利影响,在本发明中,通过设置在处理模块13中的扫描单元的连续软件动态闸门来监测不同深度位置处的超声信号检测结果。具体地,根据不同深度的回波信号在时差处理程序中的时差,相应地,分别设置动态触发闸门来对应于不同的深度位置,而且这些闸门在时间段上是前后连续的,从而实现在不同深度的超声回波成像并保证不会漏检在各深度上的回波信息。在结果处理中,考虑不同位置处的板厚进而对信号进行衰减量补偿,并通过数据融合获得完整的非等厚层压板的内部特征信息,进而获得能反映待测试样质量的最终C扫描图像,实现非等厚层压板的超声波无损检测。

[0040] 具体地,在本发明中,所述存储模块14和所述A/D转换电路均集成在高速数据采集卡上;所述包络信号变换单元为希尔伯特变换处理程序。

[0041] 下面结合所述连续软件动态闸门、衰减补偿处理单元和所述数据融合处理单元来说明是如何进行扫描的。

[0042] 如图2所示,对非等厚层压板的A扫信号上,在非等厚层压板的厚度区域的底波和始波之间采用多个窄脉冲单周期的连续动态软件闸门来对不同埋深进行检测,各闸门分别成像,,每个闸门分别经过衰减补偿后,进行边缘提取得到各疑似缺陷区域,去除各种噪点、

底波的影响呈现出一幅 C 扫图像 ;然后,本着缺陷一次回波最强的原则,对多幅图像综合分析,根据相对衰减量最大的原则对同一缺陷在不同深度上的成像结果进行融合 ;最后,对融合结果进行阈值二值化处理最终得到呈现不同埋深缺陷的 C 扫图像,直观展现整个非等厚层压板试样内部缺陷检测分布情况,实现缺陷定量识别。这样,可以非常直观地观察板内各深度上内部情况,大大提高缺陷区域与无缺陷区域的对比度,更有利于小缺陷的检出。

[0043] 本发明的超声波无损检测方法,由于采用了连续软件动态闸门进行处理,同时在结果处理中进行了衰减量补偿同时对数据进行融合处理,因此,可较好地实现超声波无损检测。

[0044] 所述的碳纤维增强树脂基复合材料非等厚层压板可以采用增韧树脂材料,非等厚层压方式可以为两层。

[0045] 上述实施例仅用来进一步说明本发明的一种超声波无损检测方法,但本发明并不局限于实施例,凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均落入本发明技术方案的保护范围内。

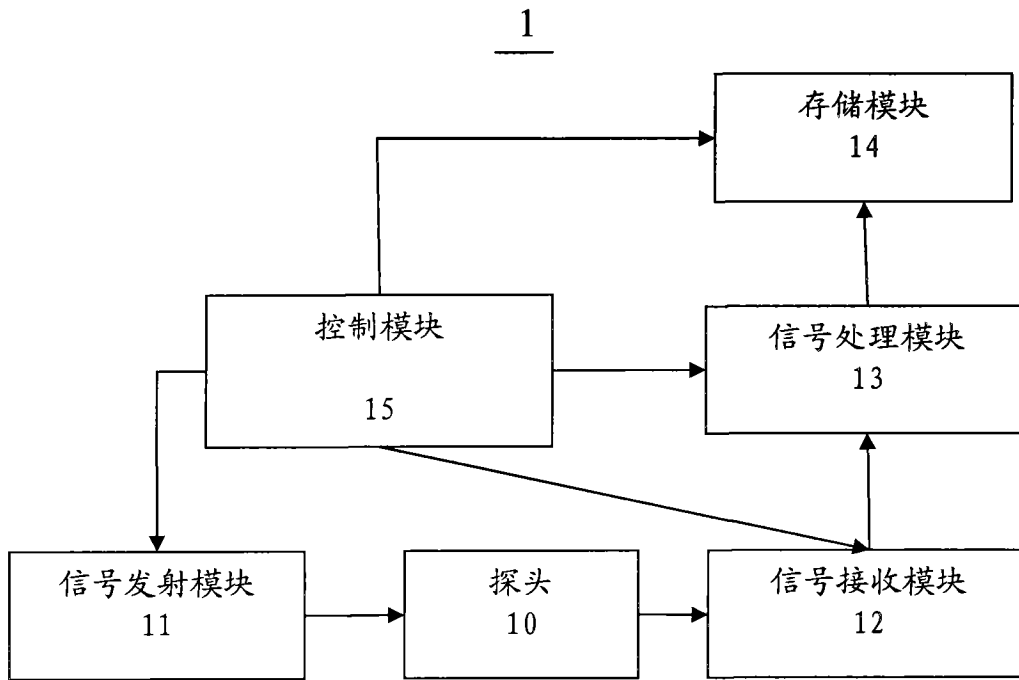


图 1

超声A扫描

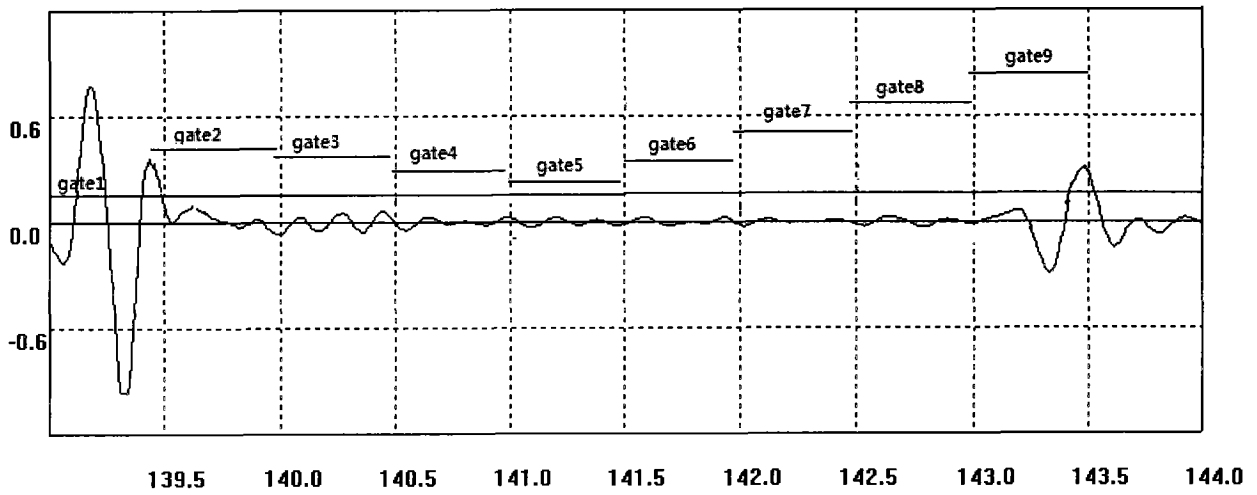
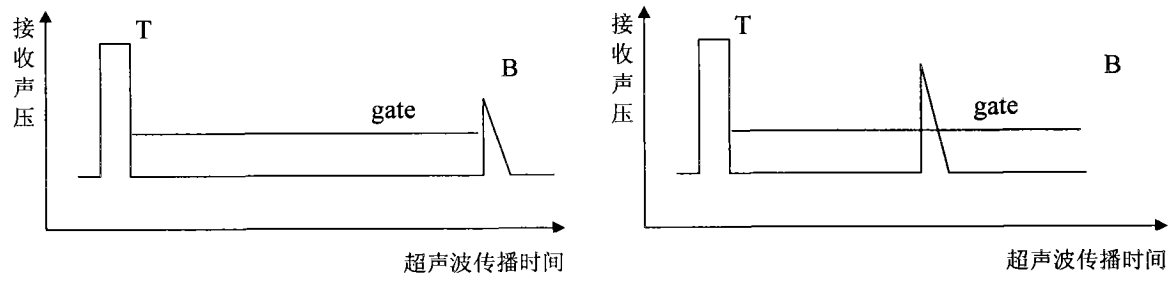


图 2



(a)

(b)

图 3