



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103235046 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 07

(21) 申请号 201310169063. 5

(22) 申请日 2013. 05. 09

(71) 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 王淑娟 苏日亮 陈晓阳 张恒
李鹏展 李智超 邓超然 康磊
翟国富

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事
务所 23109

代理人 张果瑞

(51) Int. Cl.

G01N 29/34 (2006. 01)

G01N 29/07 (2006. 01)

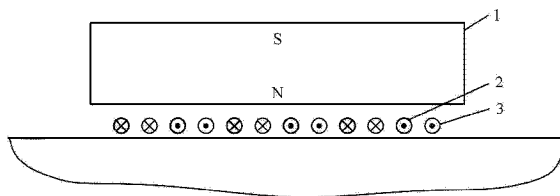
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种单向发射电磁超声表面波换能器及采用该换能器检测金属表面缺陷方法

(57) 摘要

一种单向发射电磁超声表面波换能器及采用该换能器检测金属表面缺陷方法, 本发明属于电磁超声无损检测领域, 具体涉及一种电磁超声表面波换能器及检测金属表面缺陷方法。本发明解决了现有电磁超声表面波换能器无法对厚度超过 30mm 的金属的表面进行缺陷检测的问题。本发明包括永磁体、一号线圈和二号线圈, 永磁体的充磁方向为垂直充磁, 它还包括检测电路和上位机, 检测电路的一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接一号线圈的一端, 一号线圈的另一端接地, 检测电路的另一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接二号线圈的一端, 二号线圈的另一端接地, 检测电路的检测信号输出端连接上位机的检测信号输入端。本发明适用于电磁超声无损检测领域。



1. 一种单向发射电磁超声表面波换能器,它包括永磁体(1)、一号线圈(2)和二号线圈(3);

一号线圈(2)与二号线圈(3)上下叠加设置,且一号线圈(2)与二号线圈(3)均置于永磁体(1)正下方;

一号线圈(2)的首端与二号线圈(3)的首端之间的距离为通入该两个线圈的正弦信号波长的 $1/4$;

其特征是:永磁体(1)的充磁方向为垂直充磁;

单向发射电磁超声表面波换能器还包括检测电路(4)和上位机(5);

检测电路(4)包括发射电路(4-1)、控制电路(4-2)、数据采集电路(4-3)和接收电路(4-4);

检测电路(4)的一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接一号线圈(2)的一端,一号线圈(2)的另一端接地,检测电路(4)的另一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接二号线圈(3)的一端,二号线圈的另一端接地,检测电路(4)的检测信号输出端连接上位机(5)的检测信号输入端;

发射电路(4-1)的控制信号输入端连接控制电路(4-2)的发射控制信号输出端,控制电路(4-2)的采集控制信号输出端连接数据采集电路(4-3)的采集控制信号输入端,接收电路(4-4)的接收信号输出端连接数据采集电路(4-3)的接收信号输入端,数据采集电路(4-3)的采集信号输出端连接上位机(5)的采集信号输入端;

所述发射电路(4-1)的一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接一号线圈(2)的一端,发射电路的另一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接二号线圈(3)一端。

2. 根据权利要求1所述的一种单向发射电磁超声表面波换能器,其特征在于,所述一号线圈(2)与二号线圈(3)长度相同,每个线圈中相邻导线部分的间距为发射电路所发射的正弦信号的波长的 $1/2$ 。

3. 利用权利要求1一种单向发射电磁超声表面波换能器检测金属表面缺陷的方法,其特征是,该方法的具体步骤:

步骤一、将待测金属件置于一号线圈(2)和二号线圈(3)的下方;

步骤二、控制电路(4-2)控制发射电路(4-1)向一号线圈(2)和二号线圈(3)分别通入正弦脉冲信号,使永磁体(1)产生垂直方向的磁场;所述向一号线圈(2)和二号线圈(3)通入的正弦脉冲信号的幅度相同,相位相差 90° ;

步骤三、在永磁体(1)产生垂直方向的磁场的作用下,待测金属件的上表面产生沿该金属件表面传播的单向表面波;

步骤四、采用一号线圈(2)和二号线圈(3)分别接收步骤三中产生的单向表面波,并输入至接收电路(4-4);

步骤五、采用数据采集电路(4-3)对接收电路(4-4)接收到的表面波进行采集,并发送给上位机;

步骤六、上位机(5)根据一号线圈(2)和二号线圈(3)的长度、该金属件对应的表面波传输速度和采集到表面波的时间,计算出金属件表面的缺陷位置与线圈之间的水平距离,完成金属件表面缺陷的测量。

4. 根据权利要求3所述的一种单向发射电磁超声表面波换能器检测缺陷金属表面的

方法,其特征在于,步骤二中所述的正弦脉冲信号发射的重复周期为 20ms。

一种单向发射电磁超声表面波换能器及采用该换能器检测金属表面缺陷方法

技术领域

[0001] 本发明属于电磁超声无损检测领域,具体涉及一种电磁超声表面波换能器及检测金属表面缺陷方法。

背景技术

[0002] 电磁超声换能器由于具有非接触的特性而广泛应用于高速高温等无损检测领域。电磁超声换能器可以激发多种类型的超声波,包括表面波、体波、水平切边导波、兰姆波等。与压电超声换能器不同,电磁超声换能器激发产生的超声波信号只有微伏级,远低于压电超声的信号强度。其中,电磁超声表面波换能器一般采用线圈结构,通常采用电磁超声换能器激发产生的波会沿两侧发射,对于换能器两侧都有缺陷的情况下不利于准确判断缺陷的位置。

[0003] 申请号为 200510091091.5,发明名称为《改进的主脉冲信号过载矫正电磁声换能器》的专利中提出了一种新的电磁超声换能器,使用不同的电磁超声换能器线圈发射和接收超声波,缩短了主脉冲信号的持续时间,减小了两个线圈之间的耦合,但是没有解决超声波双向发射而导致的无法准确判断缺陷的位置的问题。

[0004] 申请号为 US4295214 和申请号 US4408493 的美国专利分别公开了超声剪切波换能器和方向性超声换能器,但是由于磁场施加方向是水平方向,待测试件中没有洛伦兹力,只有磁致伸缩力,并且产生的剪切波只能针对薄板进行检测,无法对厚度超过 30mm 的金属板的表面缺陷进行检测。

发明内容

[0005] 本发明为了解决现有电磁超声表面波换能器无法对厚度超过 30mm 的金属的表面进行缺陷检测的问题,提出了一种单向发射电磁超声表面波换能器及采用该换能器检测金属表面缺陷方法。

[0006] 本发明所述的一种单向发射电磁超声表面波换能器,它包括永磁体、一号线圈和二号线圈;

[0007] 一号线圈与二号线圈上下叠加设置,且一号线圈与二号线圈均置于永磁体正下方;

[0008] 一号线圈的首端与二号线圈的首端之间的距离为通入该两个线圈的正弦信号波长的 $1/4$;

[0009] 其特征是:永磁体的充磁方向为垂直充磁;

[0010] 单向发射电磁超声表面波换能器还包括检测电路和上位机;

[0011] 检测电路包括发射电路、控制电路、数据采集电路和接收电路;

[0012] 检测电路的一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接一号线圈的一端,一号线圈的另一端接地,检测电路的另一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接二号线圈的一

端,二号线圈的另一端接地,检测电路的检测信号输出端连接上位机的检测信号输入端;

[0013] 发射电路的控制信号输入端连接控制电路的发射控制信号输出端,控制电路的采集控制信号输出端连接数据采集电路的采集控制信号输入端,接收电路的接收信号输出端连接数据采集电路的接收信号输入端,数据采集电路的采集信号输出端连接上位机的采集信号输入端;

[0014] 所述发射电路的一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接一号线圈的一端,发射电路的另一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接二号线圈一端;

[0015] 采用一种单向发射电磁超声表面波换能器检测金属表面缺陷的方法,该方法的具体步骤:

[0016] 步骤一、将待测金属件置于一号线圈和二号线圈的下方;

[0017] 步骤二、控制电路控制发射电路向一号线圈和二号线圈分别通入正弦脉冲信号,使永磁体产生垂直方向的磁场;所述向一号线圈和二号线圈通入的正弦脉冲信号的幅度相同,相位相差 90 度;

[0018] 步骤三、在永磁体产生垂直方向的磁场的作用下,待测金属件的上表面产生沿该金属件表面传播的单向表面波;

[0019] 步骤四、采用一号线圈和二号线圈分别接收步骤三中产生的单向表面波,并输入至接收电路;

[0020] 步骤五、采用数据采集电路对接收电路接收到的表面波进行采集,并发送给上位机;

[0021] 步骤六、上位机根据一号线圈和二号线圈的长度、该金属件对应的表面波传输速度和采集到表面波的时间,计算出金属件表面的缺陷位置与线圈之间的水平距离,完成金属件表面缺陷的测量。

[0022] 本发明应用正弦波的叠加原理实现的表面波的单向发射,同时又使得叠加侧发射出的表面波具有二倍于原来的幅值,使表面波的性能明显提高,提高了缺陷检测能力,当换能器置于两侧的均有缺陷的金属件上时能够准确判断缺陷位置,实现了对厚度超过 30mm 的铝板、铁板、管道和钢轨等金属的表面缺陷进行检测。

附图说明

[0023] 图 1 为本发明所述一种单向发射的电磁超声表面波换能器的线圈与永磁体的位置关系示意图;

[0024] 图 2 为两个振幅与相位均相同的正弦信号的叠加示意图;

[0025] 图 3 为两个振幅相同相位相反的正弦信号的叠加示意图;

[0026] 图 4 为检测电路的具体电气示意图;

[0027] 图 5 为一号线圈与二号线圈的位置关系示意图;

[0028] 图 6 为现有双向发射电磁超声换能器用于缺陷检测的工作示意图及接收到的信号示意图;

[0029] 图 7 为单向发射表面波超声换能器用于缺陷检测的工作示意图及接收到的信号示意图。

具体实施方式

[0030] 具体实施方式一：下面结合图 1, 图 2 和图 3 说明本实施方式, 本实施方式所述一种单向发射电磁超声表面波换能器, 它包括永磁体 1、一号线圈 2 和二号线圈 (3)；

[0031] 一号线圈 2 与二号线圈 3 上下叠加设置, 且一号线圈 2 与二号线圈 (3) 均置于永磁体 1 正下方；

[0032] 一号线圈 2 的首端与二号线圈 3 的首端之间的距离为通入该两个线圈的正弦信号波长的 $1/4$ ；

[0033] 其特征是：永磁体 1 的充磁方向为垂直充磁；

[0034] 单向发射电磁超声表面波换能器还包括检测电路 4 和上位机 5；

[0035] 检测电路 4 包括发射电路 4-1、控制电路 4-2、数据采集电路 4-3 和接收电路 4-4；

[0036] 检测电路 4 的一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接一号线圈 2 的一端, 一号线圈 2 的另一端接地, 检测电路 4 的另一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接二号线圈 3 的一端, 二号线圈的另一端接地, 检测电路 4 的检测信号输出端连接上位机 5 的检测信号输入端；

[0037] 发射电路 4-1 的控制信号输入端连接控制电路 4-2 的发射控制信号输出端, 控制电路 4-2 的采集控制信号输出端连接数据采集电路 4-3 的采集控制信号输入端, 接收电路 4-4 的接收信号输出端连接数据采集电路 4-3 的接收信号输入端, 数据采集电路 4-3 的采集信号输出端连接上位机 5 的采集信号输入端；

[0038] 所述发射电路 4-1 的一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接一号线圈 2 的一端, 发射电路的另一个正弦信号输出与表面波信号接收端连接二号线圈 3 一端。

[0039] 本实施方式中一号线圈 2 的首端与二号线圈 3 的首端之间的距离为通入该两个线圈的正弦信号波长的 $1/4$ ；如图 5 所示, 图 5 中 λ 表示通入该两个线圈的正弦信号波长。

[0040] 本实施方式所述的电磁超声表面波换能器依据超声波的叠加原理, 利用正弦波的叠加和抵消的原理, 当两路幅值相等的正弦波的相位相差 180° 时, 两列正弦波将出现相互抵消的现象；反之当两列幅值相等的正弦波同相位的时候, 二者将出现彼此叠加的现象, 即二者将叠加为一个幅值相当于原幅值二倍的正弦波。其正弦波的叠加与抵消如图 2 和图 3 所示, 基于上述正弦波的叠加和抵消原理, 为了使得表面波仅向一个方向传播, 设计电磁超声换能器的发射线圈, 使得表面波在探头的一侧因叠加现象而幅值增大, 而在另一侧则相互抵消。使用两个相同的线圈叠加在一起, 两个线圈中通以同样幅值和频率的高频触发信号, 且相位相差 90° , 这样既实现了表面波的单向发射, 又同时使得叠加侧发射出的表面波具有二倍于原来的幅值, 使表面波的性能明显提高, 大大提高了缺陷检测能力。为了达到更好的叠加效果, 线圈的正弦信号需要尽量保证具有相同的幅值, 并通过控制这两路驱动信号的相位差, 得到所期望的单向发射电路。

[0041] 具体实施方式二：结合图 5 说明本实施方式, 本实施方式是对具体实施方式一所述的一种单向发射电磁超声表面波换能器的进一步说明, 所述一号线圈 2 与二号线圈 3 长度相同, 每个线圈中相邻导线部分的间距为激发表面波波长的 $1/2$ 。

[0042] 具体实施方式三：本实施方式为利用具体实施方式一所述的一种单向发射电磁超声表面波换能器检测金属表面缺陷方法, 该方法的具体步骤：

[0043] 步骤一、将待测金属件置于一号线圈 2 和二号线圈 3 的下方；

[0044] 步骤二、控制电路 4-2 控制发射电路 4-1 向一号线圈 2 和二号线圈 3 分别通入正弦脉冲信号,使永磁体 1 产生垂直方向的磁场;所述向一号线圈 2 和二号线圈 3 通入的正弦脉冲信号的幅度相同,相位相差 90 度;

[0045] 步骤三、在永磁体 1 产生垂直方向的磁场的作用下,待测金属件的上表面产生沿该金属件表面传播的单向表面波;

[0046] 步骤四、采用一号线圈 2 和二号线圈 3 分别接收步骤三中产生的单向表面波,并输入至接收电路 4-4;

[0047] 步骤五、采用数据采集电路 4-3 对接收电路 4-4 接收到的表面波进行采集,并发送给上位机;

[0048] 步骤六、上位机 5 根据一号线圈 2 和二号线圈 3 的长度、该金属件对应的表面波传输速度和采集到表面波的时间,计算出金属件表面的缺陷位置与线圈之间的水平距离,完成金属件表面缺陷的测量。

[0049] 具体实施方式四:本实施方式是对具体实施方式三所述的一种单向发射电磁超声表面波换能器检测金属表面缺陷方法进一步说明,步骤二中所述的正弦脉冲信号发射的重复周期为 20ms。

[0050] 采用现有的电磁超声表面波换能器时由于单个线圈激发产生的电磁超声表面波会沿换能器两侧传播,当电磁超声换能器置于两侧都有缺陷的金属试件上时,只有单个线圈的电磁超声表面波换能器能接收到两个回波,而当所述单向发射电磁超声换能器置于两侧都有缺陷的金属试件时,则只能接收到超声波叠加方向上的缺陷回波,且单向发射换能器产生的信号要强于普通双向发射的电磁超声表面波。其现有换能器与本发明所述换能器用于缺陷检测的工作示意图和接收到的信号如图 6 和图 7 所示。通过两图的对比可以看出,本发明所述的电磁超声换能器能够实现单向发射的目的,且该换能器能够提升超声发射的信号强度,可用于准确检测缺陷位置的测量中。

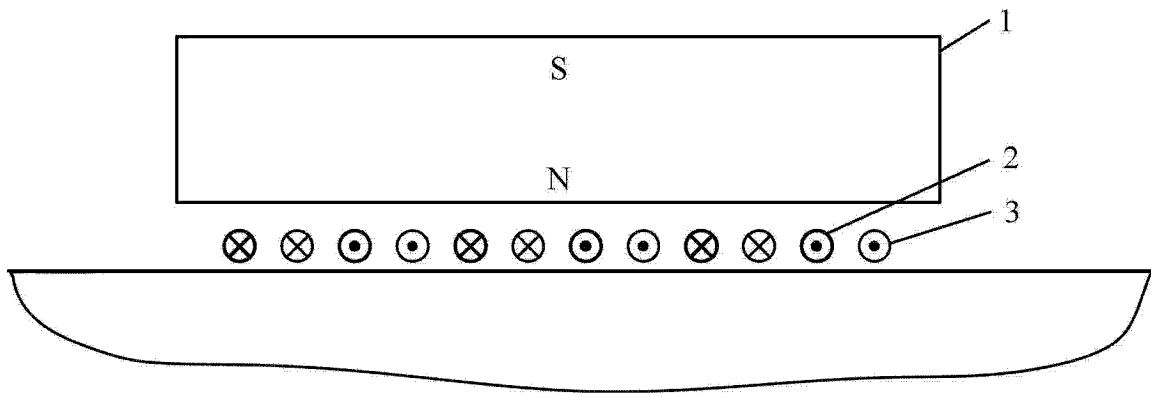


图 1

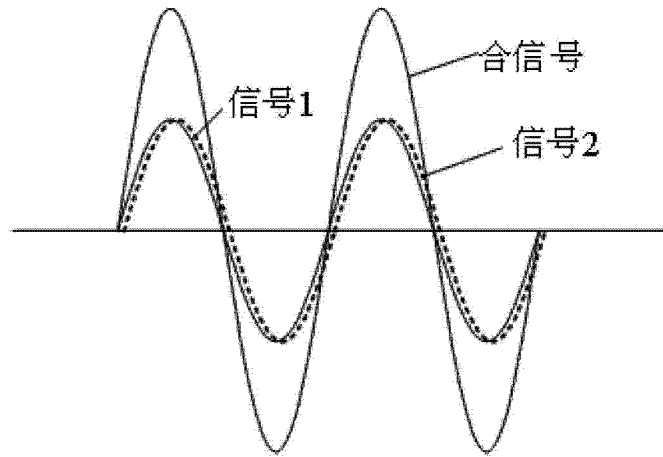


图 2

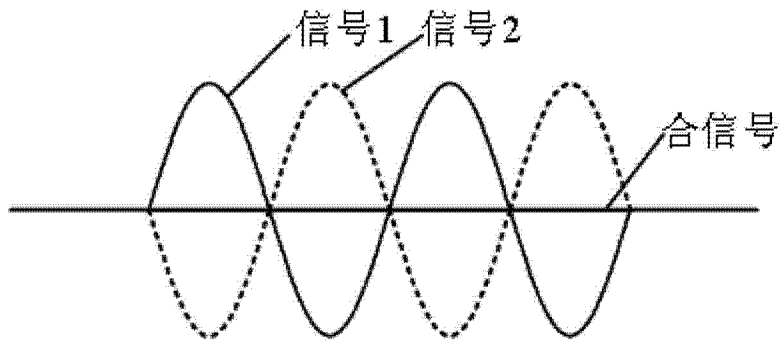


图 3

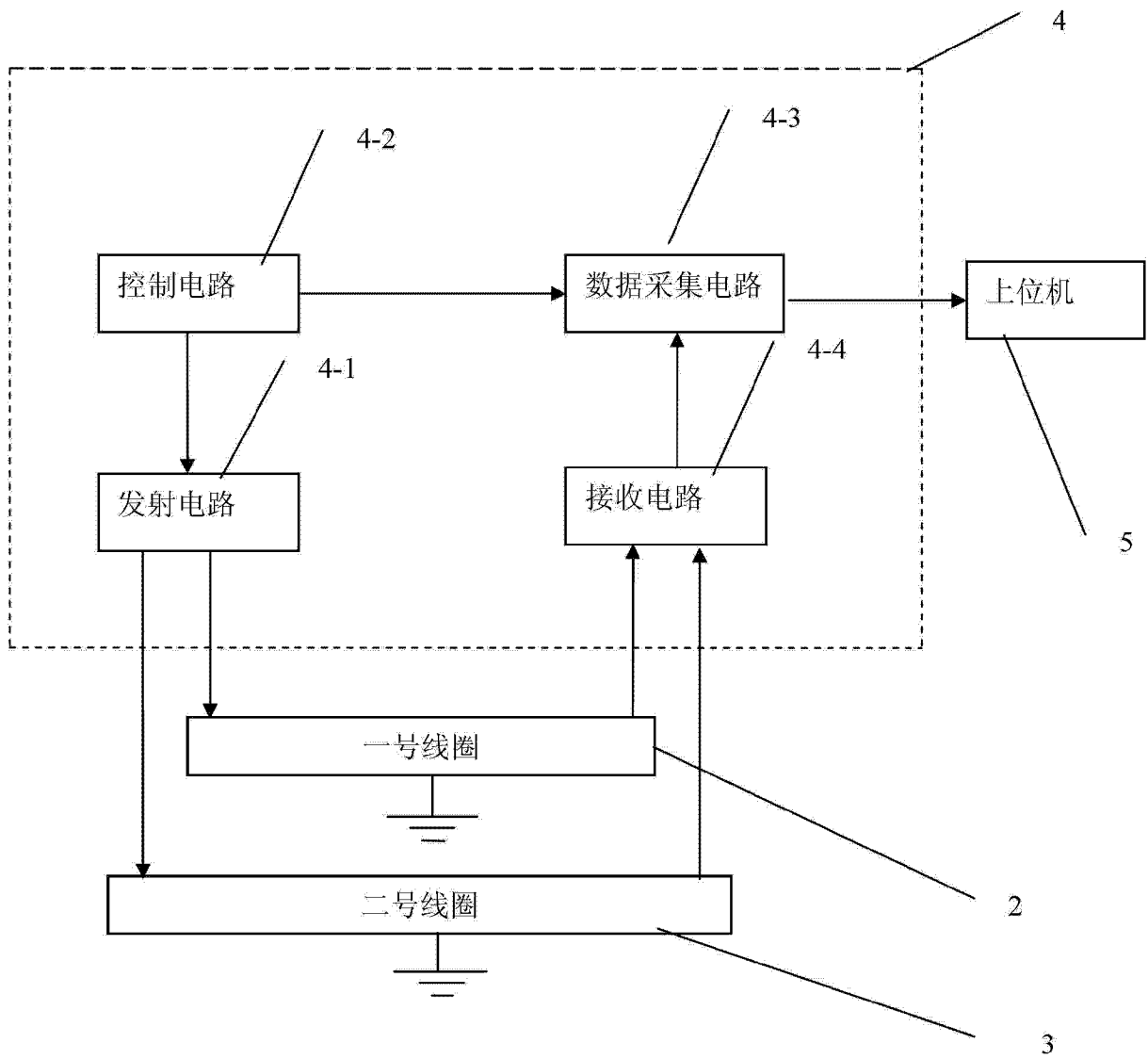


图 4

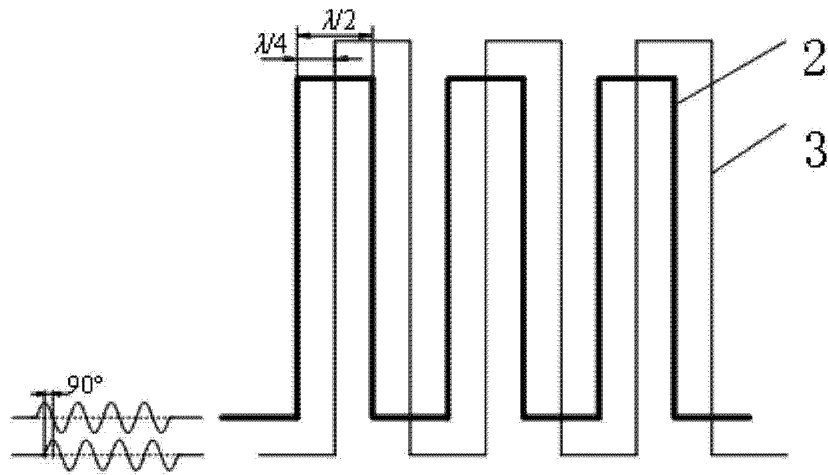


图 5

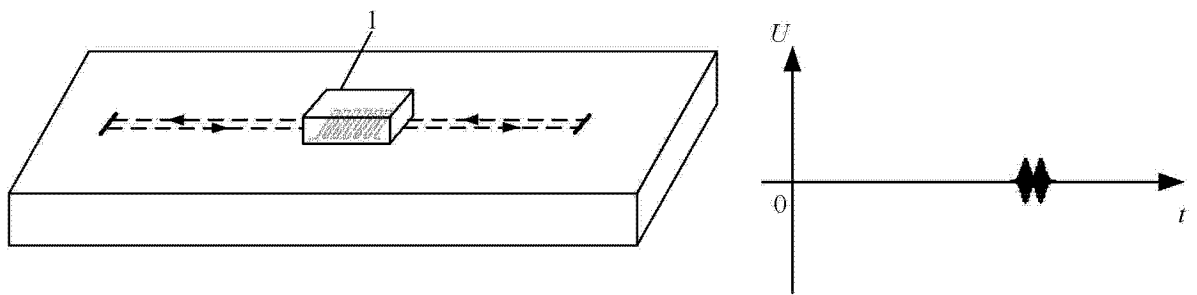


图 6

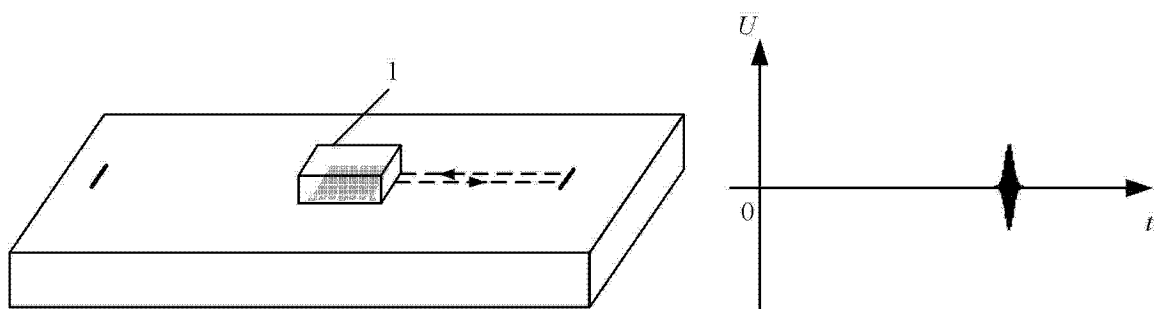


图 7