



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102819035 B

(45) 授权公告日 2015.02.11

(21) 申请号 201110153725.0

CN 101246640 A, 2008.08.20, 说明书13段.

(22) 申请日 2011.06.09

CN 102053254 A, 2011.05.11, 说明书51段, 52段第1行, 53段, 54段.

(73) 专利权人 中国石油化工股份有限公司
地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街
22号

US 20080112582 A1, 2008.05.25, 全文.

US 4462092 A, 1984.07.24, 全文.

CN 101190436 A, 2008.06.04, 全文.

专利权人 中国石油化工股份有限公司石油
物探技术研究院

审查员 丁虎

(72) 发明人 宗遐龄 陈超 马中高 黄德娟
王辉明

(74) 专利代理机构 北京思创毕升专利事务所
11218

代理人 刘明华

(51) Int. Cl.

G01V 1/00(2006.01)

G01V 1/28(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101246640 A, 2008.08.20, 说明书13段.

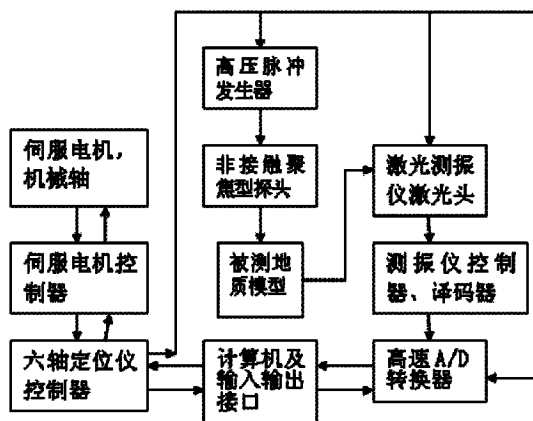
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种非接触超声波检测方法

(57) 摘要

本发明提供了一种非接触超声波检测方法,属于超声波振动检测领域。所述方法利用高压脉冲或交变电压激发出非接触聚焦型探头的高频振动,进而诱发声波传递出去,并将所述声波辐射能量进行聚焦,再将聚焦后的声波发射到被测地质模型的炮点上,在炮点产生超声波并向被测地质模型的内部传送,同时对被测地质模型的检测点进行检测,获得电压信号,再将所述电压信号转化为数字信号传输给计算机进行处理。利用本发明解决了多种常规地质模型模拟方法存在的问题,能对复杂表面模型进行大规模多点非接触式超声波检测,满足了现代地球物理勘探精细模拟的特殊需要。



CN 102819035 B

1. 一种非接触超声波检测方法,其特征在于:所述方法利用高压脉冲或交变电压激发出非接触聚焦型探头的高频振动,进而诱发声波传递出去,并将所述声波的辐射能量进行聚焦,再将聚焦后的声波发射到被测地质模型的炮点上,在炮点产生超声波并向被测地质模型的内部传送,同时对被测地质模型的检测点进行检测,获得电压信号,再将所述电压信号转化为数字信号传输给计算机进行处理;

所述非接触聚焦型探头包括基体和压电陶瓷,所述基体为正面凹、背面凸的弧形结构,有弹性;所述压电陶瓷粘贴在弧形基体的背面,其极化方向沿基体的厚度方向,即基体的法向;

当基体的工作模态为弯曲振动时,基体的波峰处和波谷处的位移方向均指向同一个焦点;压电陶瓷粘贴在基体的背面的波峰处或波谷处或同时粘贴在波峰处和波谷处;在波峰处的压电陶瓷的极化方向与在波谷处的压电陶瓷的极化方向是相反的。

2. 根据权利要求1所述的非接触超声波检测方法,其特征在于:所述方法采用高压脉冲发生器和非接触聚焦型探头作为发射装置,所述高压脉冲发生器向非接触聚焦型探头发出高压驱动窄脉冲,所述非接触聚焦型探头则向被测地质模型的炮点发射聚焦脉冲,在炮点处产生超声波并向被测地质模型内部传送。

3. 根据权利要求2所述的非接触超声波检测方法,其特征在于:所述方法采用激光多普勒测振仪作为接收装置;采用高速模数转换器将激光多普勒测振仪输出的电压信号转化为数字信号送给计算机处理。

4. 根据权利要求3所述的非接触超声波检测方法,其特征在于:所述方法采用两套三维坐标仪、伺服电机控制器和六轴定位仪控制器作为工作平台;

所述非接触聚焦型探头和激光多普勒测振仪的激光探头通过机械夹具分别安装在一套三维坐标仪上;每套三维坐标仪根据计算机的命令使非接触聚焦型探头或激光探头在X、Y、Z方向上进行移动;

所述伺服电机控制器控制伺服电机的运行,伺服电机控制三维坐标仪的机械轴的运动;

所述六轴定位仪控制器接收计算机的命令并在译码后送给伺服电机控制器,并根据需要将位置信号送给计算机,同时六轴定位仪控制器根据实验要求在到达检测点后发出同步信号启动非接触聚焦型探头的发射过程、激光多普勒测振仪和高速模数转换器的采集过程。

一种非接触超声波检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于超声波振动检测领域,具体涉及一种非接触超声波检测方法,通过在室内条件下用非接触方式产生和接收超声波信号实现对振动的检测。

背景技术

[0002] 地震物理模拟研究是指利用物理模型对地震及有关现象(特别是波动现象)进行研究,它是实验地质学的一个重要组成部分,又被称为模型地质学。模型地质学研究中最普遍使用的方法是超声波方法,因此常被称为超声地震模拟。超声地震物理模型实验通过超声波在地质模型中的传播观测对地震波在各种复杂地质体中的传播进行室内模拟观测,并根据观测结果进行地震学研究。它解释和解决了许多地球物理勘探中出现的实际问题,从而极大地推动了地震学理论的发展。

[0003] 超声波检测也叫超声探伤,是无损检测的一种。无损检测是在不损坏工件或原材料工作状态的前提下,对被检验部件的表面和内部质量进行检查的一种检测手段。

[0004] 目前常用的超声波检测方法主要有两种,接触式测量和非接触测量。

[0005] ①接触式测量

[0006] 接触式测量通常采用压电式超声波探头或其他材料制成的探头。这种探头通常由压电晶片或其他材料(如复合材料)组成,其结构比较简单,安装方便,收发可互换。图1给出的是压电接触式探头的内部结构图。

[0007] 当对固体材料进行测量时,发射探头和接收探头紧贴被测物体表面。发射头将电信号(一般为窄脉冲)转换为超声波信号;而接收头则将超声波信号转换为电信号。

[0008] ②非接触测量

[0009] 目前使用的非接触测量通常由强脉冲激光源和激光测振仪组成。

[0010] 超声波发射部分采用强脉冲激光源。当对模型进行测试时,强脉冲激光源向模型某点(又称为炮点)发射激光脉冲,该点受热会发生热膨胀或熔化,由此产生超声波并向模型内部传送。超声波接收部分采用激光测振仪,它可检测被测物体表面的振动速度或位移。

[0011] 现有的超声波检测方法在用于地质模型检测时存在一定的缺点和局限性。

[0012] ①压电式超声波探头相对简单,价格较低,但在进行地质模型检测时,使用压电式探头进行发射和接收时会产生一些问题。

[0013] 压电式超声波探头在对固体地质模型(尤其对复杂表面模型)进行检测时,由于工艺方面的原因器件,检测部分接触面较大,当对曲表面模型进行检测时,探头和模型表面耦合效果差,有时甚至无法耦合;由于现有超声波探头只能进行窄带发射和接收,因此测量不能反映野外施工宽频接收的实际情况。另外由于是接触式测量,采用手动方式则测量效率低、精度差;当通过机械方式移动时每次都要重复进行拔起和放置这个过程,而每次放置点探头和模型间的接触压力很难做到一致,因此测量的重复性差,容易损坏探头。目前往往一套固体地质模型的完整测试需要几个月时间,压电式超声波探头远远不能满足科研生产的需要。

[0014] ②激光超声波测量

[0015] 激光超声波测量是一种非接触超声波测量方法。它可以有效地克服压电式探头存在的问题,但它也存在着一些问题。由于超声波发射部分采用强脉冲激光源,当强脉冲激光源照射非金属材料时,瞬时产生的高温会损坏被测点表面,使该点及附近地区被烧焦,并产生变形。该点的损坏,会影响下一次在该点的激发效果。而在进行物理模型检测时,要求能在同一个发射点(我们称之为炮点)上多次发射超声波信号,这就意味着该点被强脉冲激光源多次照射,且要求每次照射前该点的状态不会发生变化,即重复性好,而采用强脉冲激光源很难做到这一点。如果降低发射能量,则产生的超声波发射能量不够,信号无法到达模型深层。

发明内容

[0016] 本发明的目的在于解决上述现有技术中存在的难题,提供一种非接触超声波检测方法,能在实验室内真实模拟野外激发和实际数据采集过程,获得高效、快速、准确的采集效果并得到高质量的采集数据。

[0017] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0018] 一种非接触超声波检测方法,所述方法利用高压脉冲或交变电压激发出非接触聚焦型探头的高频振动,进而诱发声波传递出去,并将所述声波辐射能量进行聚焦,再将聚焦后的声波发射到被测地质模型的炮点上,在炮点产生超声波并向被测地质模型的内部传送,同时对被测地质模型的检测点进行检测,获得电压信号,再将所述电压信号转化为数字信号传输给计算机进行处理。

[0019] 所述方法采用高压脉冲发生器和非接触聚焦型探头作为发射装置,所述高压脉冲发生器向非接触聚焦型探头发高压驱动窄脉冲,所述非接触聚焦型探头则向被测地质模型的炮点发射聚焦脉冲,在炮点处产生超声波并向被测地质模型内部传送。

[0020] 所述非接触聚焦型探头包括基体和压电陶瓷,所述基体为正面凹、背面凸的弧形结构,有弹性;所述压电陶瓷粘贴在弧形基体的背面,其极化方向沿基体的厚度方向,即基体的法向;

[0021] 当基体的工作模态为弯曲振动时,基体的波峰处和波谷处的位移方向(即波峰或波谷处的法向)均指向同一个焦点;压电陶瓷粘贴在基体的背面的波峰处或波谷处或同时粘贴在波峰处和波谷处;在波峰处的压电陶瓷的极化方向与在波谷处的压电陶瓷的极化方向是相反的。

[0022] 所述方法采用激光多普勒测振仪作为接收装置;采用高速模数转换器将激光多普勒测振仪输出的电压信号转化为数字信号送给计算机处理。

[0023] 所述方法采用两套三维坐标仪、伺服电机控制器和六轴定位仪控制器作为工作平台;

[0024] 所述非接触聚焦型探头和激光多普勒测振仪的激光探头通过机械夹具分别安装在一套三维坐标仪上;每套三维坐标仪根据计算机的命令使非接触聚焦型探头或激光探头在X、Y、Z方向上进行移动;

[0025] 所述伺服电机控制器控制伺服电机的运行,伺服电机控制三维坐标仪的机械轴的运动;

[0026] 所述六轴定位仪控制器接收计算机的命令并在译码后送给伺服电机控制器,并根据需要将位置信号送给计算机,同时六轴定位仪控制器根据实验要求在到达检测点后发出同步信号启动非接触聚焦型探头的发射过程、激光多普勒测振仪和高速模数转换器的采集过程。

[0027] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0028] ①在本方法中,用非接触聚焦型探头模拟炸药,激光测振仪的激光头模拟地震检波器,这样利用本方法就能模拟野外勘探的完整采集过程;

[0029] ②本方法使用的发射装置和接收装置的发射点和接收点极小,发射聚焦点只有 0.2mm,检测符合模型和接触点按野外检波器比例缩小的原则,使模拟效果更加逼真;

[0030] ③本方法接收的结果为高精度数据,可检测到的最小振动信号为 0.02 微米。采集到的数据具有较宽的动态范围,可以超过 100dB;

[0031] ④本方法对不同大小和不同类型的地震模型,可以通过调整发射能量和接收动态范围以取得最佳的采集效果;

[0032] ⑤由于采用非接触式测量方法,在对固体曲面地震模型进行检测时,能实现自动检测和有很好的耦合效果,解决了接触测量时检测和发射器件对模型的影响;

[0033] ⑥与原来压电探头接触式测量相比采集速度提高了十倍以上,极大地提高了采集生产的效率。

附图说明

[0034] 图 1 是现有技术中的压电接触式探头的内部结构图。

[0035] 图 2-1 是本发明方法所使用的非接触聚焦型探头的背面示意图。

[0036] 图 2-2 是本发明方法所使用的非接触聚焦型探头的正面示意图。

[0037] 图 3 是本发明方法所使用的压电陶瓷激发探头弯曲振动和聚焦声波的原理示意图。

[0038] 图 4 是本发明方法的工作原理图。

[0039] 图 5 是本发明方法工作过程中的自动采集时序简图。

[0040] 图中,1-1 是超声辐射面,1-2 是声匹配层,1-3 是压电陶瓷,1-4 是金属箱体,1-5 底座,1-6 是屏蔽材料,1-7 是引线端子;

[0041] 2-1 是高性能 PZT,2-2 是辐射端面,2-3 是基体,2-4 是声波辐射,2-5 是极化方向。

具体实施方式

[0042] 下面结合附图对本发明作进一步详细描述:

[0043] 一种非接触超声波检测方法,所述方法利用高压脉冲或交变电压激发出非接触聚焦型探头的高频振动,进而诱发声波传递出去,并将所述声波辐射能量进行聚焦,再将聚焦后的声波发射到被测地质模型的炮点上,在炮点产生超声波并向被测地质模型的内部传送,同时对被测地质模型的检测点进行检测,获得电压信号,再将所述电压信号转化为数字信号传输给计算机进行处理。

[0044] 所述方法使用的非接触聚焦型探头设计为如图 2 所示,图 2 给出的是非接触聚焦型探头在不工作状态下的整体图,是正面凹,背面凸的结构,所述弧形基体 2-3 有弹性,在

基体 2-3 的背面（如图 2-1 所示）粘贴有多块压电陶瓷（高性能 PZT）2-1，每块压电陶瓷 2-1 的极化方向均沿厚度方向，即弧形基体 2-3 的法向。当对压电陶瓷 2-1 施加沿极化方向的电场时，依靠压电陶瓷 2-1 的 d_{31} 效应可首先在压电陶瓷 2-1 内以产生沿切向的位移响应，从而使电能有效地转换成机械能。由于压电陶瓷 2-1 与弹性弧形基体 2-3 是胶结在一起的，由变形协调条件可知，二者在边界处（陶瓷与基体粘贴的地方）将产生同样的变形，压电陶瓷 2-1 将拉动基体 2-3 一起变形，会对基体 2-3 产生拉伸力由此产生机械应力。如果对压电陶瓷 2-1 施加特定的信号（交变或脉冲），就可以使压电陶瓷 2-1 因逆压电效应发生位移，带动与压电陶瓷 2-1 粘接在一起的基体 2-3 发生变形，激发出基体 2-3 的高频振动，如图 3 所示，图 3 给出的是非接触聚焦型探头在工作状态中具有多个波峰波谷的示意图。

[0045] 设计基体的准则是，选定弯曲振动作为工作模态，其波峰和波谷处的位移方向均指向同一焦点（在没有粘贴压电陶瓷前，可以通过有限元分析和设计，使之满足要求）。为增大输出功率，压电陶瓷可同时粘贴在波峰处或波谷处或同时粘贴在波峰处和波谷处。只贴在波谷处或只贴在波峰处，也能激发所需要的振动形式，但若只贴在波峰或波谷处，压电单元过少，可能会使得辐射能量不够而影响效果，因为毕竟是通过压电单元来实现最终的声辐射能量输出的。特别需要注意的是，在波峰或波谷处压电陶瓷的变形方向是始终相反的，这可通过在波峰和波谷处粘贴的压电陶瓷的极化方向 2-5 相反来保证，如图 3 所示。工作时，对所有的压电陶瓷施加交变的激励信号，且交变电场的频率与基体的振动模态频率一致。由于分布于波峰和波谷处的极化方向 2-5 是相反的，其变形也是反向的，就可激发出工作模态了。弧形基体上每一个波峰或波谷处产生位移响应均可诱发声波传递出去。由于探头基体振动的波峰和波谷处位移方向均指向同一焦点，高频振动诱发的声波辐射 2-4 的能量将会在焦点达到最大，即能够实现一定距离上的声波能量聚焦。依靠 d_{31} 效应的这种方法的优点在于，因为不会有反射波的干扰，因此不需要有背衬的设计，结构上比较简单。

[0046] 具体的设计关键在于弧形基体的具体构形参数，具体构形参数是根据如下原则来确定：(1) 波峰和波谷处位移指向一点，即聚焦；(2) 获得尽量大的振幅输出。压电陶瓷的布置和数量（可根据所需功率来增加数量），辐射面 2-2（指基体的正面，即没有压电陶瓷的那个面）的表面设有匹配层，所述匹配层的材料设计和选择要保证产生满足要求的足够能量的声波。

[0047] 对于匹配层的选择主要考虑到声阻抗匹配、衰减小等，以及能否满足加工要求，如某些材料就很脆，导致很难加工成所需要的具有平行且光滑的表面。本发明中，匹配层可选材料集中在多微孔材料，因此一般可选择如气凝胶，多孔高纤维复合材料，多孔聚合材料。

[0048] 所述方法使用的发射装置包括高压脉冲发生器和非接触聚焦型探头。当对被测地质模型进行测试时，机械装置（指安装激光头或发射探头的机械夹具由机械螺杆带动移动）到达检测点后发出的同步信号启动高压脉冲发生器向非接触聚焦型探头发出高压驱动窄脉冲，而该非接触聚焦型探头则向被测地质模型的某点（又称为炮点）发射聚焦脉冲，在该点（指炮点处）产生超声波（非接触聚焦型探头将脉冲电压信号转换成超声波信号发出）并向模型内部传送。在此过程中，发射点介质不会受到损坏，因此属于无损检测。由于非接触聚焦型探头是非接触发射源，在移动位置时，发射头没有提放过程，其生产效率较高；并且非接触聚焦型探头在模型上的焦点可通过聚焦小到 0.2mm（是指炮点直径大小或指超声波发射到模型表面时那一点的直径，这跟光聚焦本质上是一样的），符合野外震源按

比例缩小的要求。

[0049] 所述方法使用的接收装置包括激光多普勒测振仪。其特点是测量精度高、频带宽。检测过程没有提放,其生产效率较高;并且激光源在模型上的检测点可通过聚焦小到几十微米,符合野外震源按比例缩小的要求。激光多普勒测振仪将振动速度信号或位移信号转换为电压信号输出。

[0050] 所述方法采用高速模数转换器将激光多普勒测振仪输出的电压信号转化为数字信号送给计算机处理,所述高速模数转换器采用 24 位 20M 模数转换器。

[0051] 所述方法使用的工作平台包括两套三维坐标仪、伺服电机控制器和六轴定位仪控制器,就是说共有六个伺服电机分别控制 X1、X2、Y1、Y2、Z1、Z2 方向上的运行,伺服电机控制器控制伺服电机的运行,而六轴定位仪控制器则一方面可以接收计算机的命令并在译码后送给伺服电机控制器,另一方面可以根据需要将激光头和发射探头的位置信号发送给计算机。非接触聚焦型探头和激光多普勒测振仪的激光探头通过机械夹具分别安装在一套三维坐标仪上。每套三维坐标仪都可以根据计算机发来的命令使激光头或探头在 X、Y、Z 方向上自由移动,这样可以很方便将探头和激光头分别移到预定的炮点和检测点。同时六轴定位仪控制器可根据实验要求在激光头到达检测点后发出同步信号启动非接触聚焦型探头的发射过程、激光多普勒测振仪和 A/D 转换器的采集过程,如图 5 所示。

[0052] 如图 4 所示,所述方法的工作过程如下:计算机对六轴定位仪控制器进行控制,六轴定位仪控制器控制伺服电机控制器,伺服电机控制器控制伺服电机,进而控制机械轴的移动,当非接触聚焦型探头和激光探头到达预定位置后,六轴定位仪控制器发出同步信号启动非接触聚焦型探头的发射过程、激光多普勒测振仪和 A/D 转换器的采集过程;此时,高压脉冲发生器向非接触聚焦型探头发发出高压驱动窄脉冲,而该非接触聚焦型探头则向被测地质模型的炮点发射聚焦脉冲,在该点产生超声波并向模型内部传送,被测地质模型的振动速度信号或位移信号由激光多普勒测振仪的激光头检测出,经过激光多普勒测振仪的控制器及编码器的处理,然后经过高速 A/D 转换器的处理转化为数字信号,最后将此数字信号传输给计算机进行处理。在工作过程中,计算机对六轴定位仪控制器和高速 A/D 转换器进行控制,并接收两者传来的数据。

[0053] 本方法所使用的发射装置具有发射点小、宽带、非接触、点发射和重复性好等特点;接收装置具有体积小、宽带接收、非接触点测量、灵敏度高、重复性好和测量范围宽等特点。

[0054] 上述技术方案只是本发明的一种实施方式,对于本领域内的技术人员而言,在本发明公开了应用方法和原理的基础上,很容易做出各种类型的改进或变形,而不仅限于本发明上述具体实施方式所描述的方法,因此前面描述的方式只是优选的,而并不具有限制性的意义。

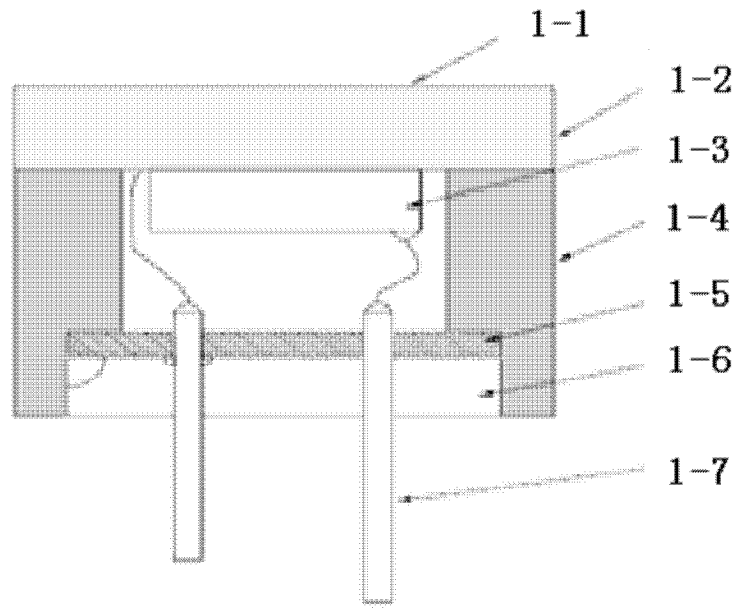


图 1

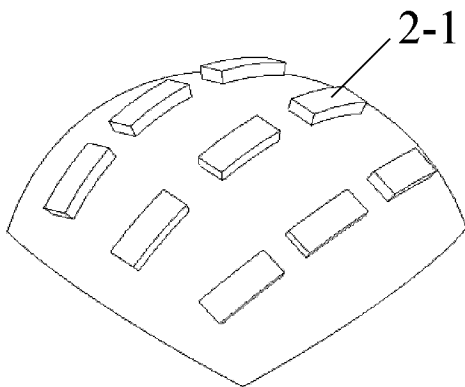


图 2-1

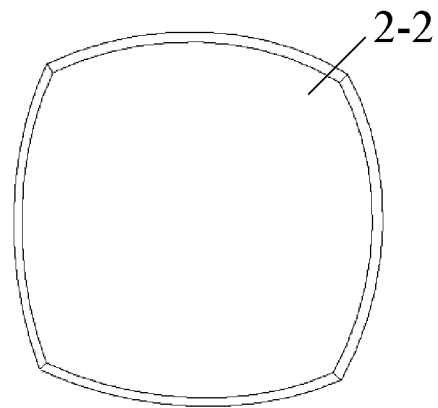


图 2-2

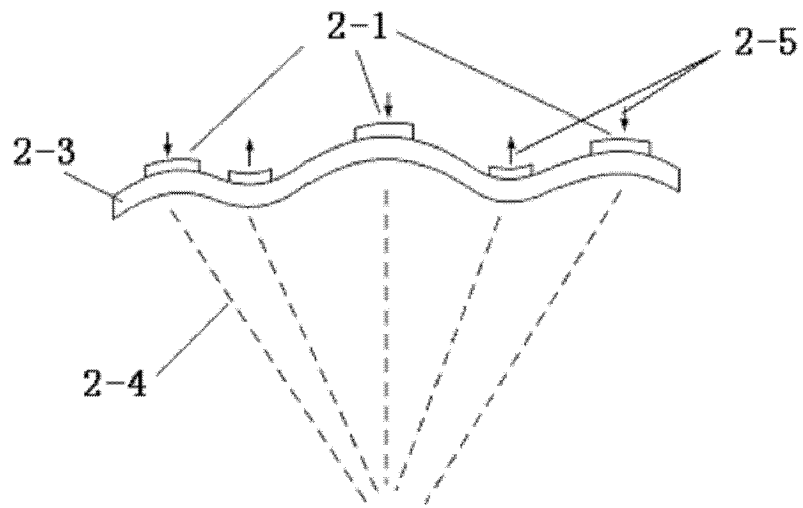


图 3

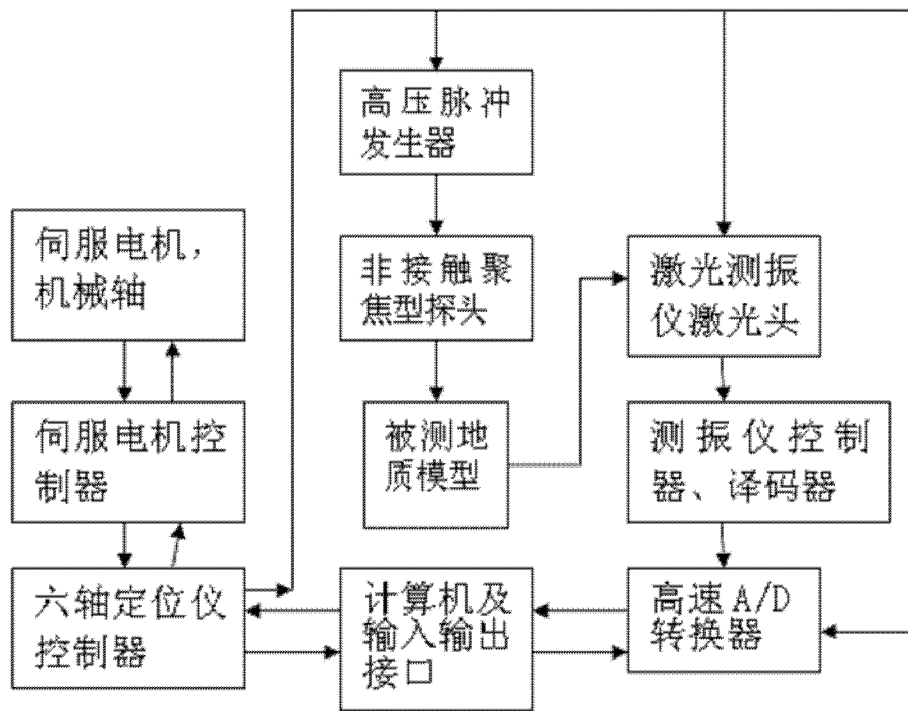


图 4

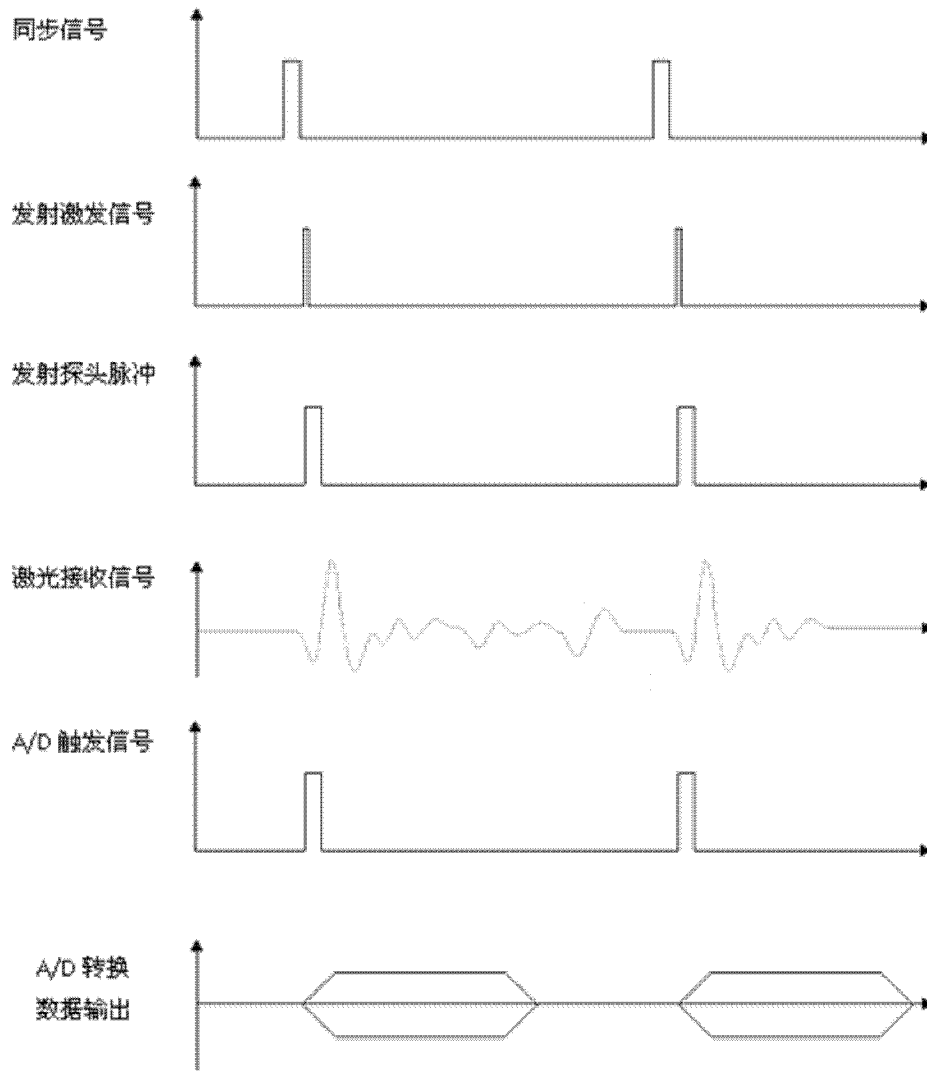


图 5