

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102053254 A

(43) 申请公布日 2011. 05. 11

(21) 申请号 200910236779. 6

(22) 申请日 2009. 10. 30

(71) 申请人 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

申请人 中国石油化工股份有限公司石油勘
探开发研究院

(72) 发明人 宗遐龄 赵群 李守才 马国庆
王辉明 张国保 黄德娟 邵志东
傅星菊 薛诗桂

(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 1/02(2006. 01)

G01V 1/18(2006. 01)

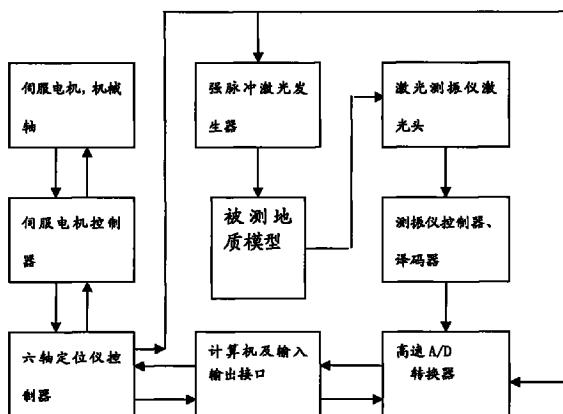
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种激光超声波检测系统及其检测方法

(57) 摘要

本发明一种激光超声波检测系统及其方法，是一种在室内条件下用超声波方法模拟野外地震勘探地震波产生和接收的系统。本发明通过一套强脉冲激光源、单点激光多普勒测震仪和三维激光多普勒测震仪、24 位模数转换器、三维坐标仪等组成一套完整的激光超声波自动采集系统。该系统解决了许多常规地质模型模拟方法存在的问题，能进行单点和三分量非接触式超声波检测，满足了现代地球物理勘探精细和多分量模拟的需要。



1. 一种激光超声波检测系统,所述系统包括激光发射单元,激光接收单元,模数/数模转换单元和中央处理单元;其特征在于,

所述激光发射单元包括激光发射源,所述激光发射单元和激光接收单元与待测地质模型采用非接触检测方式;所述激光发射源向待测地质模型发出激光脉冲,所述激光接收单元接收待测地质模型所发出的振动脉冲信号;

所述模数/数模转换单元将所述激光接收单元收到的信号进行模数转换,后将数据传输给所述中央处理单元进行信号处理。

2. 根据权利要求1所述的一种激光超声波检测系统,其特征在于,

所述激光发射单元包括强脉冲激光源;所述激光接收单元包括单点激光多普勒测振仪;所述单点激光多普勒测振仪为单点接收方式,其只对一个方向的振动进行检测。

3. 根据权利要求1所述的一种激光超声波检测系统,其特征在于,

所述激光发射单元包括强脉冲激光源;所述激光接收单元包括三维激光多普勒测振仪;所述三维激光多普勒测振仪采用三维接收方式,其对待测地质模型表面三个方向的振动同时进行检测。

4. 根据权利要求1-3之一所述的一种激光超声波检测系统,其特征在于,

所述系统还包括一组三维坐标仪;所述每个三维坐标仪包括空间三个运动方向机械支杆,且每个方向机械支杆上均设置有伺服电机;所述各伺服电机与电机控制器连接,所述电机控制器控制各伺服电机动作;

所述激光发射单元固定在一个所述的三维坐标仪上,所述激光接收单元安装在另一个所述的三维坐标仪上;即激光发射单元和激光接收单元均可在x, y, z轴方向上运动;

所述系统还包括一个六轴定位仪控制器,所述六轴定位仪控制器一端与所述中央处理单元连接,另一端与所述电机控制器连接,向所述电机控制器发出运动指令。

5. 根据权利要求1-3之一所述的一种激光超声波检测系统,其特征在于,

所述模数/数模转换器采用24位20M模数转换器;

所述激光发射单元发射的聚焦点范围值约为20微米到3毫米,

所述系统接收检测到的振动信号速度值大于等于0.02微米/秒;

所述系统接收检测到的振动信号位移值大于等于0.1pm;

所述伺服电机的步进脉冲间隔 $\leq 0.3\text{ms}$ 。

6. 基于权利要求1-5之一的检测系统所采用的检测方法,其特征在于,

本发明根据所述六轴定位仪控制器产生的定长同步信号作为脉冲激光源的外触发信号;

首先中央处理单元将检测点的起始坐标、终点坐标、步长通过通信口送给六轴定位仪控制器;六轴定位仪控制器通过电机控制器启动伺服电机运行,当伺服电机运行到预定检测点时,六轴定位仪控制器向脉冲激光源发出定长同步信号;所述脉冲激光源接收到此信号后,向待测地质模型表面发出脉冲激光,即发出超声波信号,同时送出触发信号启动所述模数/数模转换器;所述激光接收单元接收并发送信号,以便完成该坐标点的采集工作。

7. 根据权利要求6所述的激光检测方法,其特征在于,

当为多点连续采样时,采用的步骤如下,

i. 确定发射点、起始接收点、接收点间隔、接收点点数;

- ii. 确定接收点运动速度 V
伺服电机的步进脉冲间隔 $\leq 0.3\text{ms}$;
接收点间隔 $\geq 1\text{ms}$;
- iii. 设置数模 / 模数转换参数 : 设置最高采样率为 20 兆, 每次采样 6000 点 ;
- iv. 设置六轴定位仪控制器参数, 使控制器在接收单元或发射单元每走过接收点间隔长度时发一次脉冲 ;
- v. 同步电路启动脉冲激光源和数模 / 模数转换器, 捕获采样点数模 / 模数转换信息, 处理数据 ;
- vi. 等待下一个采样点启动信号 ;
- vii. 重复步骤 v, 直至所有采样点数据采集完成。

一种激光超声波检测系统及其检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于地震物理研究领域,涉及一种激光超声波检测装置,特别是一种在室内条件下用超声波方法模拟野外地震勘探地震波产生和接收的系统,属于激光振动检测领域。

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] 目前地震物理模型实验一般采用压电式超声波探头进行超声波发射和接收。

[0004] 这种探头通常由压电晶片组成,其结构比较简单,安装方便,收发可互换。图 1 是压电接触式探头的内部结构图。图 2 是由压电式探头组成的检测系统。图 2 的左边采用的是反射测量法,右边是透射测量法。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。

[0005] 为了使发射和接收时有较好的耦合效果,通常我们采用水浸法测量,即地质模型放置在水中,探头紧贴水面安装。由压电式发射和接收探头及三维坐标仪组成的地质模型自动检测系统在水浸法测量时可取得较好的效果。水浸法测量也产生新的问题。虽然它可以模拟海洋地震勘探条件,但与实际陆上野外测量相比水浸法测量多了一层水,降低了实验的真实性。其次,由于探头在水中只能传播和接收纵波不能传播和接收横波,使得水浸法不能对地质模型中的横波传播规律和特点进行研究。

[0006] 现有技术中,压电式探头相对简单,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。为了真实地模拟野外激发和检测,发射器件应具有发射点小、宽带、非接触、点发射、多波发射(即能同时发出横波和纵波等多种波)和重复性好等特点;检测器件应具有体积小、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。

[0007] 但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远远不能满足上面的要求。由于工艺方面的原因器件检测部分接触面较大,当对曲面模型进行检测时,探头和模型表面耦合效果差;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,远远不能满足科研生产的需要。另外,一般探头只能发出或检测单方向的振动,不能模拟野外三分量勘探同时进行三个分量信号

同时发射和接收的情况。

发明内容

[0008] 本发明为了解决现有技术中存在的技术问题,研发了一种激光超声波检测系统及其检测方法。本发明的目的是为了在实验室内真实模拟野外实际数据采集过程。通过采用新的发射方法、发射设备、采集方法,采集设备和采集手段,取得高效、快速、准确的采集效果并得到高质量的采集数据。

[0009] 本发明为了解决上述技术问题,所采用的技术方案为,

[0010] 一种激光超声波检测系统,所述系统包括激光发射单元,激光接收单元,模数/数模转换单元和中央处理单元;

[0011] 所述激光发射单元包括激光发射源,所述激光发射单元和激光接收单元与待测地质模型采用非接触检测方式;所述激光发射源向待测地质模型发出激光脉冲,所述激光接收单元接收待测地质模型所发出的振动脉冲信号;

[0012] 所述模数/数模转换单元将所述激光接收单元收到的信号进行模数转换,后将数据传输给所述中央处理单元进行信号处理。

[0013] 当进行单点检测时,所述激光发射单元包括强脉冲激光源;所述激光接收单元包括单点激光多普勒测振仪;所述单点激光多普勒测振仪为单点接收方式,其只对一个方向的振动进行检测。

[0014] 当进行多点检测时,所述激光发射单元包括强脉冲激光源;所述激光接收单元包括三维激光多普勒测振仪;所述三维激光多普勒测振仪采用三维接收方式,其对待测地质模型表面三个方向的振动同时进行检测。

[0015] 为了使发射端和接收端可自由移动,所述系统还包括一组三维坐标仪;所述每个三维坐标仪包括空间三个运动方向机械支杆,且每个方向机械支杆上均设置有伺服电机;所述各伺服电机与电机控制器连接,所述电机控制器控制各伺服电机动作;

[0016] 所述激光发射单元固定在一个所述的三维坐标仪上,所述激光接收单元安装在另一个所述的三维坐标仪上;即激光发射单元和激光接收单元均可在 x, y, z 轴方向上运动;

[0017] 所述系统还包括一个六轴定位仪控制器,所述六轴定位仪控制器一端与所述中央处理单元连接,另一端与所述电机控制器连接,向所述电机控制器发出运动指令。

[0018] 为了达到好的发明效果,

[0019] 所述模数/数模转换器采用 24 位 20M 模数转换器;

[0020] 所述激光发射单元发射的聚焦点为值约为 20 微米到 3 毫米,

[0021] 所述系统接收检测到的振动信号速度值大于等于 0.02 微米/秒;

[0022] 所述系统接收检测到的振动信号位移值大于等于 0.1 μ m;

[0023] 所述伺服电机的步进脉冲间隔 \leq 0.3ms。

[0024] 基于上述检测系统所采用的检测方法,对单点进行检测时,

[0025] 本发明根据所述六轴定位仪控制器产生的定长同步信号作为脉冲激光源的外触发信号;

[0026] 首先中央处理单元将检测点的起始坐标、终点坐标、步长通过通信口送给六轴定位仪控制器;六轴定位仪控制器通过电机控制器启动伺服电机运行,当伺服电机运行到预

定检测点时,六轴定位仪控制器向脉冲激光源发出定长同步信号;所述脉冲激光源接收到此信号后,向待测地质模型表面发出脉冲激光,即发出超声波信号,同时送出触发信号启动所述模数/数模转换器;所述激光接收单元接收并发送信号,以便完成该坐标点的采集工作。

[0027] 当为多点连续采样时,采用的步骤如下,

[0028] i. 确定发射点、起始接收点、接收点间隔、接收点点数;

[0029] ii. 确定接收点运动速度 V

[0030] 伺服电机的步进脉冲间隔 $\leq 0.3\text{ms}$;

[0031] 接收点间隔 $\geq 1\text{ms}$;

[0032] iii. 设置数模/模数转换参数:设置采样率为 20 兆,每次采样 6000 点-8000 点;

[0033] iv. 设置六轴定位仪控制器参数,使控制器在接收单元或发射单元每走过接收点间隔长度时发一次脉冲;

[0034] v. 同步电路启动脉冲激光源和数模/模数转换器,捕获采样点数模/模数转换信息,处理数据;

[0035] vi. 等待下一个采样点启动信号;

[0036] vii. 重复步骤 v,直至所有采样点数据采集完成。

[0037] 本发明在采用了上述的检测系统和检测方法后,达到的发明效果为,

[0038] ①系统能模拟野外多波多分量勘探信号的完整采集过程;

[0039] ②系统发射点和接收点极小,聚焦点只有几十微米,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;

[0040] ③系统接收的结果为高精度数据,可检测到的最小振动信号速度值为 0.02 微米/秒。采集到的数据具有较宽的动态范围,可以超过 100dB;

[0041] ④系统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;

[0042] 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;

[0043] 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

[0044] 图 1 为现有技术中压电接触式探头的内部结构示意图;

[0045] 图 2 为现有技术中压电式探头组成的检测系统示意图;

[0046] 图 3 为本发明系统结构连接示意图;

[0047] 图 4 为本发明自动采集时序简图。

[0048] 上述各幅附图将结合发明背景描述和具体实施方式加以说明

具体实施方式

[0049] 激光超声波地震模型检测系统由激光检测部分、超声波发射部分、三维坐标仪平台和高速模数转换器组成,可以进行非接触高速固体地质模型超声波检测。其实施如下:

[0050] 系统包括强脉冲激光源、激光多普勒测振仪、高速模数转换器、计算机和三维坐标仪组成的激光超声波地震模型检测系统的硬件架构；

[0051] 该系统的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。用这种方法可以同时产生多种波，如纵波、横波等。由于强脉冲激光源是非接触发射源，在移动位置时，发射头没有提放过程，其生产效率较高；并且激光源在模型上的光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。

[0052] 系统的接收部分主要由激光多普勒测振仪组成。有两种激光接收方式：单点接收方式和三维接收方式。单点接收方式采用单点激光测振仪，其特点是测量精度高、频带宽，但只能对一个方向的振动进行检测。三维接收方式则采用三维激光测振仪，其特点是对模型表面三个方向的振动同时进行检测。同样由于光多普勒测振仪是非接触发射源，没有提放过程，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。激光测振仪将振动速度信号转换为电压信号输出。

[0053] 高速模数转换器采用 24 位 20M 模数转换器，它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。

[0054] 三维坐标仪平台由两套三维坐标仪组成，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，电机控制器控制电机的运行，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电机控制器，另一方面可以根据需要将位置信号送给计算机。强脉冲激光源和激光多普勒测振仪的激光探头分别通过机械夹具安装在三维坐标仪上。每套三维坐标仪都可以根据控制计算机发来的命令使激光头在 X、Y、Z 方向上自由移动，这样可以很方便将激光头移到预定的检测点和炮点。同时坐标仪的控制装置可以根据实验要求在到达检测点后发出同步信号启动强脉冲激光源发射过程和激光多普勒测振仪、A/D 转换器的采集过程。

[0055] 实施中，本发明激光超声波地震模型检测系统的采集方法流程为自动流程。使用由定位仪产生的定长同步信号作为强脉冲激光源的外触发信号。首先计算机将检测点的起始坐标、终点坐标、步长通过通信口送给定位仪控制器。定位仪控制器启动伺服电机运行，当伺服电机运行到预定检测点这一步时，定位仪控制器向强脉冲激光源发出定长同步信号。强脉冲激光源接收到此信号后，发出脉冲激光以在地质模型表面发出超声波信号，同时送出触发信号启动 A/D 转换器。由于采用的 20 兆高速 A/D 转换器能在 0.3ms 内完成 6000 个点的采集，而在此 0.3ms 内伺服电机在微观上处于静止状态（即下一步尚未开始），因此可以保证在非运动情况下完成该坐标点的采集工作。

[0056] 若连续采样基本步骤如下：

[0057] 1、确定发射点、起始接收点、接收点间隔、接收点点数；

[0058] 2、确定接收点运动速度 V；

[0059] 伺服电机的步进脉冲间隔 $\leq 0.3\text{ms}$ (20 兆 6000 个采样点时间)

[0060] 接收点间隔 $\geq 1\text{ms}$ (数据转换、传输、存储及简单处理时间)

[0061] 3、设置 A/D 转换参数（一般设置采样率为 20 兆，一般每次采样 6000 点 -8000 点）；

[0062] 4、设置控制器参数，使控制器在接收单元或发射单元每走过接收点间隔长度时发一次脉冲；

[0063] 5、同步电路启动强脉冲激光源和 A/D 转换器,捕获采样点 A/D 转换信息,处理(显示和存储)数据;

[0064] 6、等待下一个采样点 A/D 启动信号;

[0065] 7、重复 5 直至所有采样点数据采集完成。

[0066] 综上所述,对于本领域的普通技术人员来说,可以根据本发明的技术方案和技术构思做出其他各种相应的改变和变形,而所有这些改变和变形都应属于本发明所述的权利要求的保护范围。

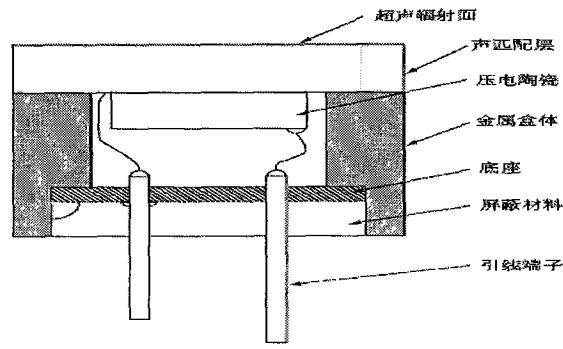


图 1

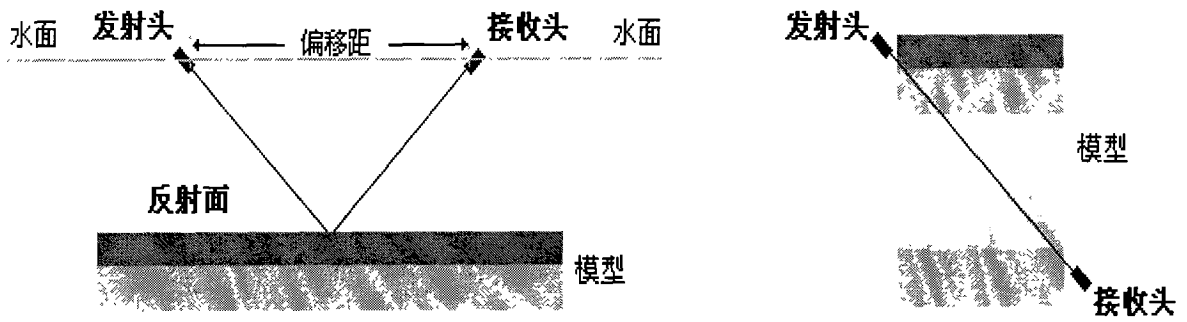


图 2

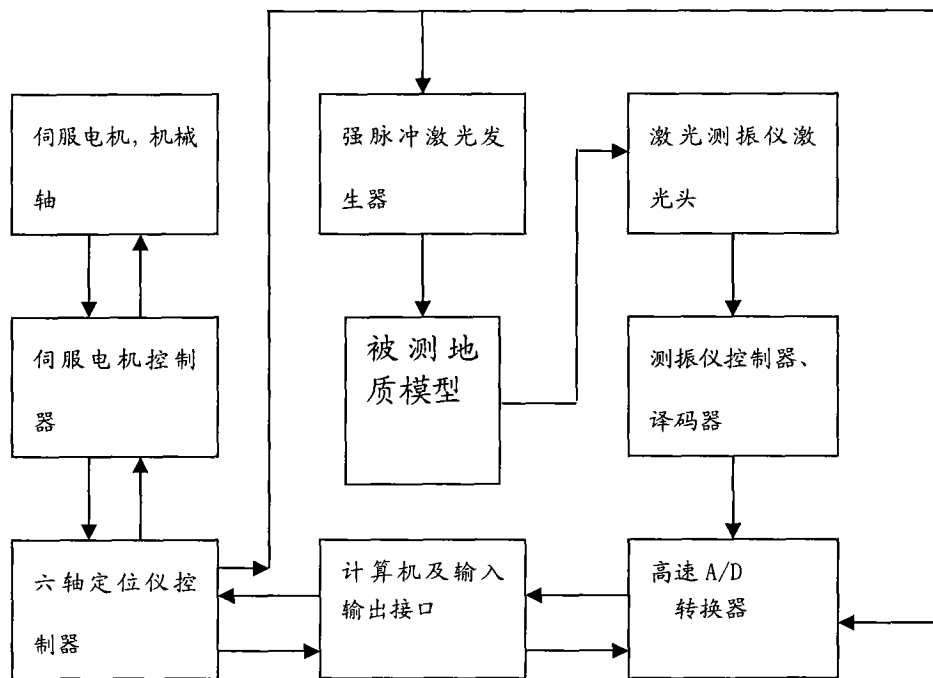


图 3

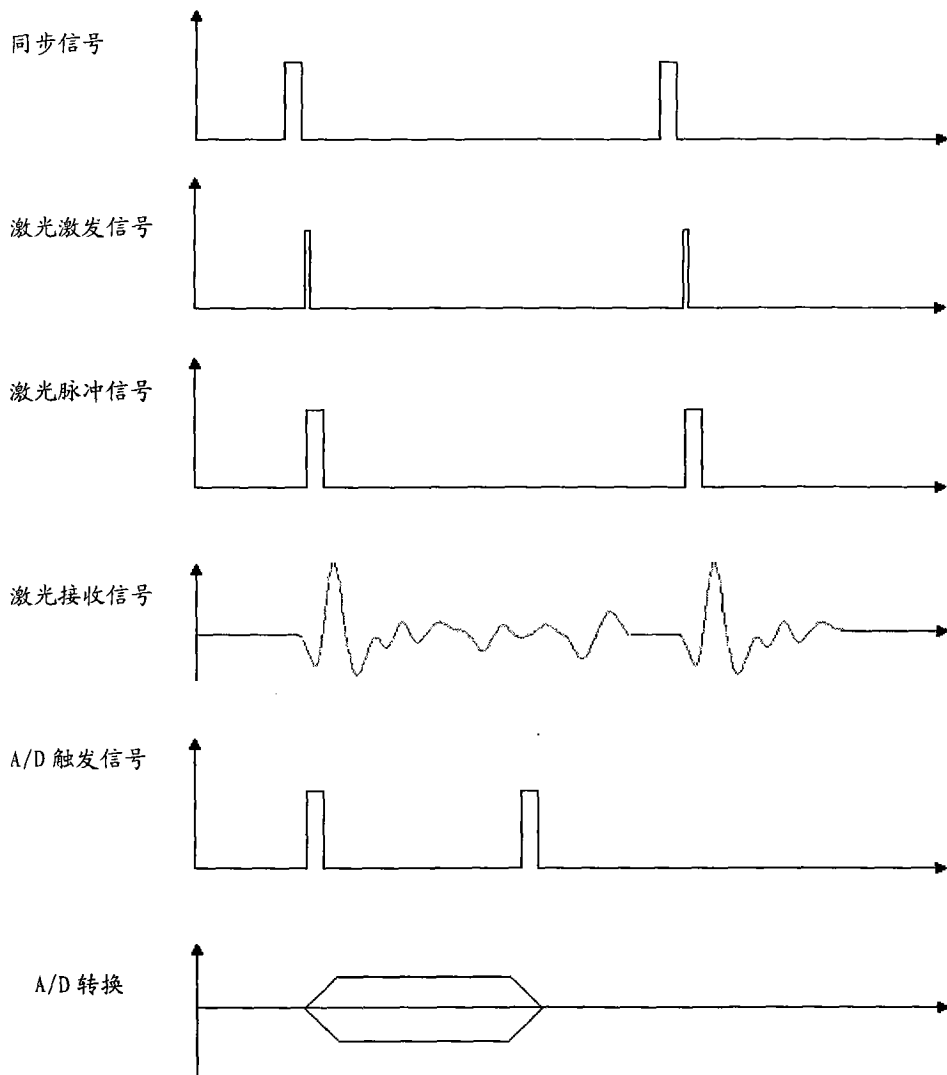


图 4