



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105943031 B

(45)授权公告日 2018.12.07

(21)申请号 201610326489.0

A61B 5/00(2006.01)

(22)申请日 2016.05.17

A61N 7/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 王兆雨

申请公布号 CN 105943031 A

(43)申请公布日 2016.09.21

(73)专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72)发明人 张思远 崔智炜 徐冉翔 尚少强
李大鹏 徐田奇 李延海 万明习

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 陆万寿

(51)Int.Cl.

A61B 5/0476(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统与amp;方法

(57)摘要

本发明涉及一种可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统与amp;方法,联合系统包括:计算机控制与数据处理单元、数模/模数转换单元、功率放大器、可穿戴超声换能器、电极组件和信号放大单元;通过计算机控制与数据处理单元发出信号指令,数模/模数转换单元接到上述指令后生成相应波形,交由功率放大器将信号放大为高电压信号,并驱动超声换能器发射超声波,实现神经刺激的目的。电极组件记录到的电生理信号经信号放大器放大后,传输至数模/模数转换单元转换为数字信号,由计算机控制与数据处理单元接收数字信号,进行数据处理并显示。很好地实现了一套系统完成复杂超声刺激与电生理信号的同步记录,对脑科学研究提供了技术支持。



1. 一种可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统,其特征在于,包括:计算机控制与数据处理显示单元(101)、数模/模数转换单元(102)、功率放大器(103)、可穿戴超声换能器(104)、电极组件(105)和信号放大单元(106);其中,

所述计算机控制与数据处理显示单元(101),用于设置经颅超声神经刺激时超声波发射参数和电生理信号数据采集参数,发出控制指令,并实现电生理信号的后续数据处理与显示;

所述数模/模数转换单元(102),用于接收所述的控制指令,根据控制指令产生神经刺激超声发射波形,并将神经刺激超声发射波形传输至功率放大器(103);用于接收并采集经信号放大单元(106)放大后的电生理信号,并将其转换为数字信号,输入至计算机控制与数据处理显示单元(101);

所述功率放大器(103),用于将数模/模数转换单元(102)生成的超声发射波形经功率放大后输入至可穿戴超声换能器(104),驱动其发射超声波;

所述可穿戴超声换能器(104),用于接收功率放大器(103)发出的超声波刺激波形并产生超声波,实现对目标神经组织的刺激功能;

所述电极组件(105),用于记录脑部电生理信号,并将电生理信号传输至信号放大单元(106);

所述信号放大单元(106),用于接收电极组件(105)记录到的电生理信号,将电生理信号放大后传输至数模/模数转换单元(102);

所述电极组件(105)由电极接头(306)、电极固定杆(307)和记录电极(308)构成,记录电极(308)固定在电极固定杆(307)上,电极接头(306)与记录电极(308)相连,用于连接并传输电生理信号至信号放大单元(106);所述可穿戴超声换能器(104)上设置有通孔(302),电极固定杆(307)和记录电极(308)设置在所述的通孔(302)内,电极组件(105)与可穿戴超声换能器(104)成为一体结构。

2. 根据权利要求1所述的可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统,其特征在于,所述可穿戴超声换能器(104)包括换能器外壳(303),换能器外壳(303)上设置用于连接功率放大器(103)的换能器接头(301),换能器外壳(303)底部与实验对象的接触面为换能器阵元面(304)。

3. 根据权利要求1所述的可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统,其特征在于,所述记录电极(308)材质为金属电极或玻璃电极,数量为一根或多根。

4. 根据权利要求2所述的可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统,其特征在于,所述换能器阵元面(304)与实验对象的接触界面涂抹耦合剂或进行其他声传播耦合处理;所述换能器外壳(303)通过密封胶布(305)与实验对象固定,密封胶布(305)粘贴于实验对象头部。

5. 根据权利要求1所述的可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统,其特征在于,所述数模/模数转换单元(102)、功率放大器(103)和信号放大单元(106)以集成电路的形式封装在可穿戴超声换能器(104)内部,并与电极组件(105)形成一个整体,数模/模数转换单元(102)通过无线收发模块和计算机控制与数据处理显示单元(101)无线连接进行通信。

6. 根据权利要求1所述的可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统,其特征在

于,超声波发射参数包括超声波基频、脉冲宽度、脉冲重复频率、脉冲个数和刺激强度;电生理信号数据采集参数包括电生理信号的采样率、采集时间、延迟和滤波方式。

7.一种基于权利要求1所述的可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统的试验方法,其特征在于,包括以下步骤:

通过计算机控制与数据处理显示单元(101)设置用于神经刺激超声波的发射参数;

数模/模数转换单元(102)接到上述指令后,生成相应波形,由功率放大器(103)将信号放大为高电压信号,并驱动可穿戴超声换能器(104)发射超声波,实现神经刺激的目的;

电极组件(105)记录到的电生理信号经信号放大单元(106)放大后,传输至数模/模数转换单元(102),将模拟信号转换为数字信号;

计算机控制与数据处理显示单元(101)接收数字信号,根据实验要求,进行电生理信号的数据处理并显示。

可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统与方法

【技术领域】

[0001] 本发明涉及超声神经刺激研究领域,特别涉及一种可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统与方法。

【背景技术】

[0002] 近几年,随着脑科学研究逐步被各国所重视,由于超声神经刺激同时具有安全无创、刺激范围大和精度高等优势,超声神经刺激再次成为研究的热点内容。虽然早在1929年,就有研究表明超声可以作为一种神经刺激手段,但到目前为止,超声神经刺激仍然处于发展的初期。相比较其他已经发展较为成熟神经刺激方式,与超声神经刺激研究相配套的系统还不够完善。神经科学的研究离不开电生理信号的记录,脑部电生理信号的记录是评价经颅超声神经刺激成功与否和刺激效果的重要手段,对超声神经刺激机理研究也有重要的作用。因此,经颅超声神经刺激同时记录脑部电生理信号在该研究领域具有尤为重要的意义,也是目前该领域研究实验中的一项技术难点。

[0003] 目前,有报道的有关经颅超声神经刺激时脑部电生理信号记录的研究中,超声神经刺激与电生理信号采集一般都采用的是两套独立的传统系统,这就使实验需要两个上游控制端,很大程度上增加了实验的复杂性,并且两套系统也无法很好地实现复杂超声刺激与电生理信号的同步记录。

[0004] 再者,由于超声换能器直接放置在实验对象头部上方,这就会造成传统脑部电生理信号记录中测量电极与超声换能器的空间位置冲突,这就需要改变其中一套系统以适应实验的要求,而这种改变往往也会影响到实验的效果和适用范围。例如,已有文献中针对经颅超声神经刺激时脑部电生理信号的记录采用的是减小换能器与实验对象头部的有效接触面积,并将记录电极以斜入射的方式插入脑区,或者直接将电极制作成L型,再埋入脑部进行测量,从而避免与换能器的空间干扰,其中L型的长度即为埋入脑部的深度。然而,这两种方法都存在各自的缺陷,第一种记录方式首先就局限了超声换能器的尺寸和换能器与实验对象的接触面积,很大程度上限制了较大直径的聚焦超声换能器的使用,而且这种记录电极斜插入的方式也增加了记录电极精确定位较深部脑区的操作难度。采用第二种方法时,由于神经元细胞直径仅为几个到几十个微米,而记录电极一旦做成,电极埋入深度就已经由L型的长短来确定,其长度很难控制在微米级别,很不利于实际记录时高精度(10 μ m)调整电极埋入深度从而使电极尖端置于目标神经元附近的需求。目前,考虑的埋入深度难以精确控制,这种采集方式只出现在记录大脑皮层的电生理信号。

[0005] 更为重要的是,目前已有的超声神经刺激同时记录电生理信号都要求实验对象处于麻醉和固定状态,因此,已有方法对于要求实验对象处于清醒且活动状态的实验研究(如学习记忆、新陈代谢等)都不适用。

[0006] 综上所述,现有的经颅超声神经刺激时脑部电生理信号的记录方法对于实验设备、目标脑区、研究对象和研究内容都存在明显的局限性,缺乏一套完整的联合系统。因此,提出一套完整的,尤其是针对实验对象处于清醒且活动状态的可穿戴式经颅超声神经刺激

与电生理记录联合系统就显得尤为重要。

【发明内容】

[0007] 本发明的目的是为了克服上述现有技术存在的不足,提出了一种可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统与方法。该系统与方法很好地实现复杂超声刺激与电生理信号的同步记录的功能,对脑科学研究提供了新的技术支持。

[0008] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:

[0009] 一种可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统,包括:计算机控制与数据处理单元、数模/模数转换单元、功率放大器、可穿戴超声换能器、电极组件和信号放大单元;其中,

[0010] 所述计算机控制与数据处理显示单元,用于设置经颅超声神经刺激时超声波发射参数和电生理信号数据采集参数,发出控制指令,并实现电生理信号的后续数据处理与显示;

[0011] 所述数模/模数转换单元,用于接收控制指令,根据控制指令产生神经刺激超声发射波形,并将神经刺激超声发射波形传输至功率放大单元;用于接收并采集经信号放大单元放大后的电生理信号,并将其转换为数字信号,输入至计算机控制与数据处理显示单元;

[0012] 所述功率放大器,用于将数模/模数转换单元生成的超声发射波形经功率放大后输入至可穿戴超声换能器,驱动其发射超声波;

[0013] 所述可穿戴超声换能器,用于接收功率放大器发出的超声波刺激波形并产生超声波,实现对目标神经组织的刺激功能;

[0014] 所述电极组件,用于记录脑部电生理信号,并将电生理信号传输至信号放大器;

[0015] 所述信号放大单元,用于接收电极组件记录到的电生理信号,将电生理信号放大后传输至数模/模数转换单元。

[0016] 作为本发明的进一步改进,所述电极组件由电极接头、电极固定杆和记录电极构成,记录电极固定于电极固定杆,电极接头与记录电极相连,用于连接并传输电生理信号至信号放大器;所述可穿戴超声换能器上设置有通孔,电极固定杆和记录电极设置在所述的通孔内,使电极组件与可穿戴超声换能器成为一个整体结构。

[0017] 作为本发明的进一步改进,所述可穿戴超声换能器包括换能器外壳,换能器外壳上设置用于连接功率放大器的换能器接头,换能器外壳底部与实验对象的接触面为换能器阵元面。

[0018] 作为本发明的进一步改进,所述记录电极材质为金属电极或玻璃电极,数量为一根或多根。

[0019] 作为本发明的进一步改进,所述换能器阵元面与实验对象的接触界面涂抹耦合剂或进行其他声传播耦合处理;所述换能器外壳通过密封胶布与实验对象固定,密封胶布粘贴于实验对象头部后,使超声换能器具有可穿戴功能,并防止耦合剂外漏。

[0020] 作为本发明的进一步改进,所述数模/模数转换单元、功率放大器和信号放大单元以集成电路的形式封装在可穿戴超声换能器内部,并与电极组件形成一个整体,数模/模数转换单元通过无线收发模块和计算机控制与数据处理显示单元无线连接进行通信。

[0021] 作为本发明的进一步改进,超声波发射参数包括超声波基频、脉冲宽度、脉冲重复

频率、脉冲个数和刺激强度；电生理信号数据采集参数包括电生理信号的采样率、采集时间、延迟和滤波方式。

[0022] 一种可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合试验方法,包括:

[0023] 通过计算机控制与数据处理单元设置用于神经刺激超声波的发射参数;

[0024] 数模/模数转换单元接到上述指令后,生成相应波形,由功率放大器将信号放大为高电压信号,并驱动可穿戴超声换能器发射超声波,实现神经刺激的目的;

[0025] 电极组件记录到的电生理信号经信号放大单元放大后,传输至数模/模数转换单元,将模拟信号转换为数字信号;

[0026] 计算机控制与数据处理单元接收数字信号,根据实验要求,进行电生理信号的数据处理并显示。

[0027] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0028] 本发明提出了一种经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统,整套系统中,超声神经刺激与电生理记录两个部分完全由同一终端(计算机控制与数据处理单元)和二级信号接收与发射单元(数模/模数转换单元)控制,简化了实验设备与操作流程,为复杂超声刺激与电生理信号记录的同步性提供了保障。很好地实现了一套系统完成复杂超声刺激与电生理信号的同步记录,对脑科学研究提供了新的技术支持。

[0029] 进一步,电极组件由电极接头、电极固定杆和记录电极构成,电极固定杆和记录电极设置在可穿戴超声换能器上的通孔内,使电极组件与超声换能器成为一个整体结构。解决了传统脑部电生理信号记录中测量电极与超声换能器的空间位置冲突的问题。

[0030] 进一步,采用无线连接通讯,并通过密封胶布实现超声换能器的可穿戴功能,同时实现经颅超声神经刺激与电生理记录系统,便于实验对象在清醒活动状态下的实验。从而以无线控制的方式完成实验,且更加有利于针对实验对象自由运动情况下的实验。

[0031] 本发明的实验方法,操作简单、控制准确,实现了超声刺激与电生理信号的同步记录。可以实现实验对象清醒活动状态中的研究,也很好解决了经颅超声神经刺激时采用传统脑部电生理信号记录中测量电极与超声换能器的空间位置冲突。

【附图说明】

[0032] 图1为本发明的一种可穿戴式经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统框图;

[0033] 图2为本发明实施例的超声神经刺激刺激脉冲信号示意图;

[0034] 图3为本发明实施例的超声换能器与电极组件的结构示意图。

[0035] 其中,101、数据处理单元;102、数模/模数转换单元;103、功率放大器;104、可穿戴超声换能器;105、电极组件;106、信号放大单元104、可穿戴超声换能器;301、换能器接头;302、通孔;303、换能器外壳;304、换能器阵元面;305、密封胶布;105、电极组件;306、电极接头;307、电极固定杆;308、记录电极。

【具体实施方式】

[0036] 下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步说明,本发明不限于以下实施例。

[0037] 如图1所示,本发明一种可穿戴经颅超声神经刺激与电生理记录联合系统有六个部分组成,分别是计算机控制与数据处理单元101、数模/模数转换单元102、功率放大器

103、可穿戴超声换能器104、电极组件105和信号放大单元106。

[0038] 所述数模/模数转换单元102,有两方面的功能。其一,用于接收计算机控制与数据处理单元101发出的控制指令,根据控制指令产生神经刺激超声发射波形,并将波形传输至功率放大单元。其二,用于接收并采集经信号放大单元106放大后的电生理信号,并将其转换为计算机可以识别的数字信号,输入至计算机控制与数据处理显示单元101。数模/模数转换单元102的输入端口数量由电极组件数量决定,输出端口的数量由超声换能器决定。其数据采集功能接受计算机控制与数据处理显示单元101的控制。

[0039] 所述功率放大器103,用于将数模/模数转换单元102生成的超声发射波形经功率放大后输入至可穿戴超声换能器104,驱动其发射超声波。

[0040] 所述信号放大单元106,用于接收电极组件105记录到的电生理信号,由于计算机只能识别数字信号,而记录到的电生理信号为模拟信号,因此需要将电生理信号放大后传输至数模/模数转换单元102,转换为计算机可识别的数字信号。

[0041] 所述计算机控制与数据处理显示单元101,用于设置经颅超声神经刺激时超声波发射参数和电生理信号数据采集参数,并实现电生理信号的后续数据处理与显示。本实施例中以较为常见的正弦脉冲波为例。

[0042] 如图2所示,超声波发射参数主要包括超声波基频、脉冲宽度、脉冲重复频率、脉冲个数和刺激强度。根据要记录分析的电生理信号不同,电生理信号数据采集参数处理主要包括但不限于电生理信号的采样率、采集时间、延迟等,电生理信号数据处理主要包括但不限于信号的高通、低通和带通滤波等。

[0043] 所述可穿戴超声换能器104,用于接收功率放大器103发出的高电压超声波刺激波形产生超声波,进而实现对目标神经组织的刺激功能。

[0044] 所述电极组件105,用于记录脑部电生理信号,并将电生理信号传输至信号放大器106。

[0045] 如图3所示,为所述可穿戴超声换能器104与电极组件105结构示意图。可穿戴超声换能器104包括换能器接头301、通孔302、换能器外壳303、换能器阵元面304、密封胶布305。电极组件105由电极接头306、电极固定杆307和记录电极308构成。

[0046] 所述换能器接头301用于连接功率放大器103,接收其发射的高电压刺激波形。所述通孔302贯通换能器纵向,用于通过记录电生理信号的电极组件。其数目与实验需记录电生理信号的目标脑区的数目相同,分布位置与实验对象脑图谱确定的需记录电生理信号的目标脑区的位置对应。所述换能器外壳303需具备电磁屏蔽作用,以防干扰电生理信号。所述换能器阵元面304与实验对象接触,接触界面需涂抹耦合剂或做其他声传播耦合处理,以便超声波进入实验对象脑部。换能器阵元面304为平面或曲面均可,视实验是否需要形成聚焦超声而定,一般为单阵元超声换能器,若有需要,也可为多阵元超声换能器,本实施例采用单阵元非聚焦超声换能器。所述密封胶布305,用于固定超声换能器于动物头部,粘贴于实验对象头部皮肤后还可防止耦合剂外漏,使之成为可穿戴式超声换能器。超声换能器体积视实验对象、阵元个数、刺激精度和目标脑区而定。

[0047] 所述电极接头306与记录电极308相连,用于连接并传输电生理信号至信号放大器106。所述电极固定杆307,用于为电极接头306和记录电极308形成支撑,便于实验时移动记录电极,且待记录电极抵达目标脑区后,可利用电极固定杆307将电极组件固定在超声换能

器上,从而使电极组件与超声换能器形成一个整体。所述记录电极308,用于记录电生理信号,根据实验要求,记录电极材质为金属电极或玻璃电极均可,记录电极数量可为一根或多根,本实施例采用金属镍铬电极。

[0048] 作为本发明的进一步改进,所述数模/模数转换单元102、功率放大器103和信号放大单元106可以以集成电路的形式封装在可穿戴超声换能器104内部,并与电极组件105形成一个整体,数模/模数转换单元通过无线收发模块和计算机控制与数据处理单元无线连接进行通信,从而以无线控制的方式完成实验,更加有利于针对实验对象自由运动情况下的实验。

[0049] 本发明的工作原理为:通过计算机控制与数据处理单元101设置包括但不限于超声波基频、脉冲宽度、脉冲重复频率、脉冲个数和刺激强度等在内的用于神经刺激超声波的发射参数。数模/模数转换单元102接到上述指令后,生成相应波形,交由功率放大器将信号放大为高电压信号,并驱动超声换能器发射超声波,实现神经刺激的目的。数模/模数转换单元102的输出端口的数量由超声换能器决定。与此同时,电极组件记录到的电生理信号经信号放大器放大后,传输至数模/模数转换单元102,由于记录到的电生理信号为模拟信号,所以需要通过数模/模数转换单元102将其转换为计算机可识别的数字信号,数模/模数转换单元102的输出端口的数量由超声换能器104决定。最后,由计算机控制与数据处理单元101接收转换好的数字信号,根据实验要求,进行电生理信号的数据处理并显示。整套系统中,超声神经刺激与电生理记录两个部分完全由同一数据终端(计算机控制与数据处理单元101)和二级信号接收与发射单元(数模/模数转换单元102)控制,为复杂超声刺激与电生理信号记录的同步性提供了保障。

[0050] 本发明中提到的可穿戴式体现在超声换能器与电极组件一体设计,而且这种设计不但可以实现实验对象清醒活动状态中的研究,也很好解决了传统脑部电生理信号记录中测量电极与超声换能器的空间位置冲突。

[0051] 下面介绍通过本系统进行经颅超声神经刺激并记录脑部电生理信号实验的实验过程:

[0052] 首先,如图1所示连接系统各组成单元设备。

[0053] 麻醉实验对象,脱去其头顶毛发,固定于脑立体定位仪。

[0054] 根据脑图谱确定目标脑区位置,依照图谱于颅骨表面标记电极进入位点,并在对应位点钻开小孔以便电极插入脑部。

[0055] 将电极组件穿过超声换能器通孔,进入实验对象脑部,定位于目标脑区。

[0056] 在记录电极和颅骨交汇处,使电极组件固定在实验对象颅骨上。

[0057] 在实验对象头部与换能器接触处涂抹超声耦合剂,并将密封胶布粘贴于实验对象头部皮肤,使换能器固定并紧贴于实验对象头部。之后将电极组件中电极固定杆与换能器固定,从而使实验对象、换能器和电极组件形成一个整体,实现可穿戴式的目的,便于实验对象在清醒活动状态下的实验。

[0058] 断开超声换能器和电极组件与上游设备的连接,待动物恢复正常后,再次连接各项设备,通过计算机控制与数据处理显示单元设置超声波基频、脉冲宽度、脉冲重复频率、脉冲个数和刺激强度等超声刺激参数以及采样率、采集时间、延迟和滤波方式等电生理采集与处理参数。若实验不需要实验对象处于清醒活动状态,则无需断开设备连接,立即设置

各项超声刺激与电生理采集与处理参数。

[0059] 确认各项参数设置和仪器连接无误后即可开始经颅超声神经刺激并记录脑部电生理信号实验。

[0060] 上述仅本发明较佳可行的实施例,但本发明不限于此,依照上述实施例所作各种变形或套用均在此技术方案保护范围之内。

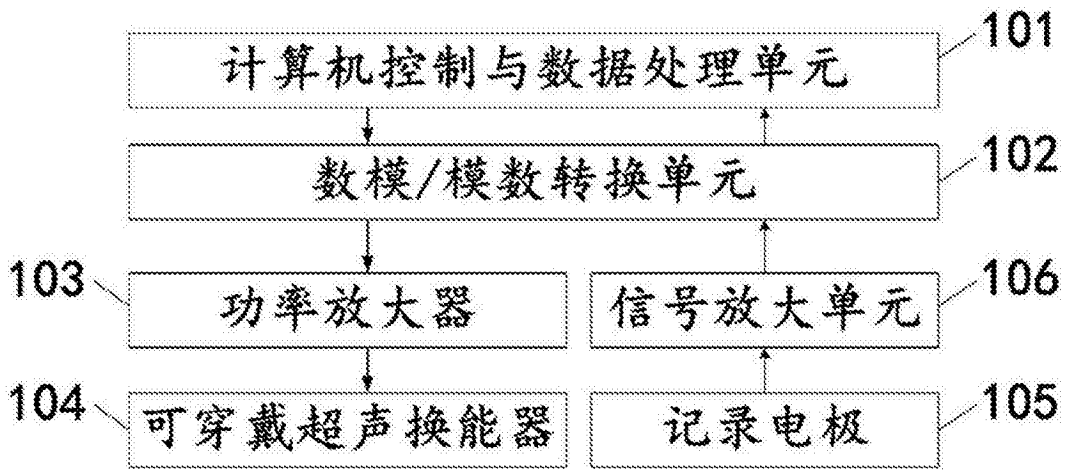


图1

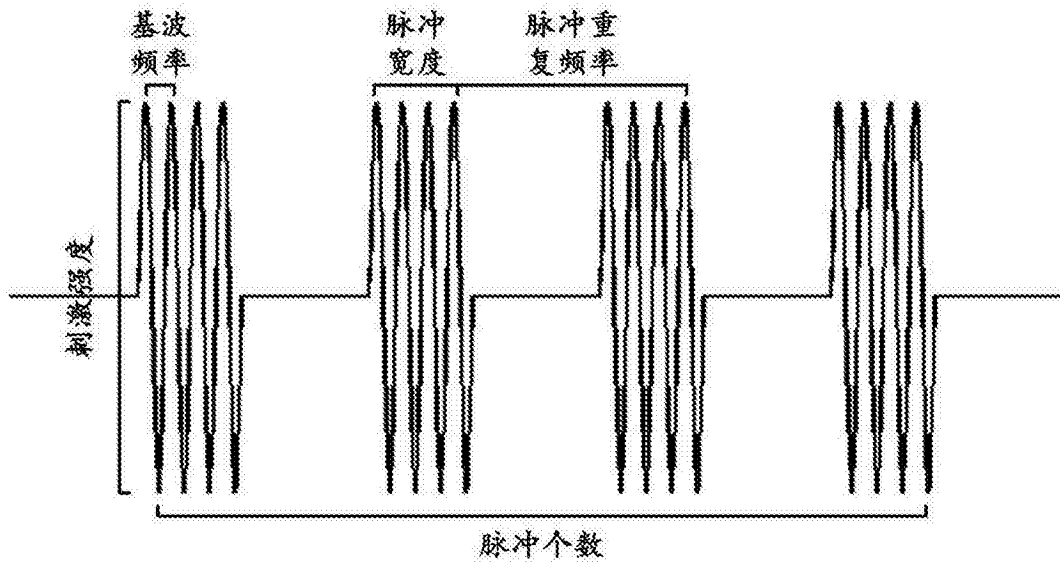


图2

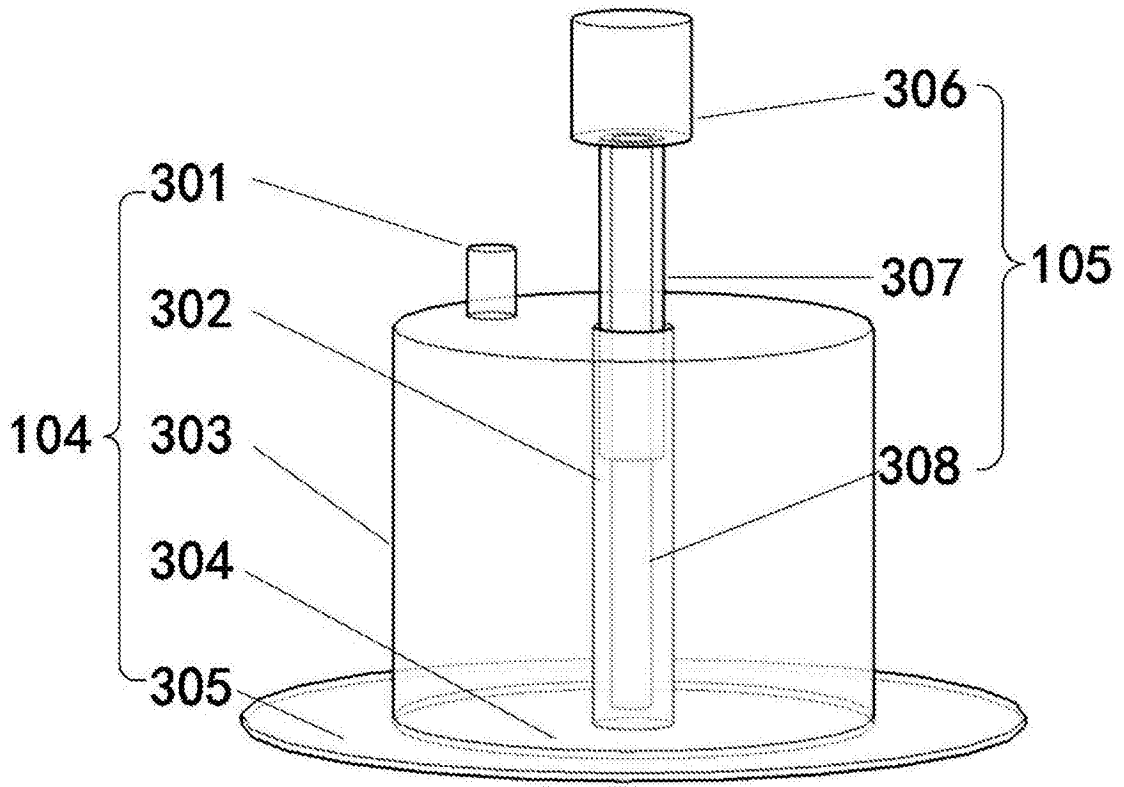


图3