(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207745854 U
(45)授权公告日 2018.08.21

(21)申请号 201721661637.0

(22)申请日 2017.12.04

(73)专利权人 昆明理工大学
地址 650093 云南省昆明市五华区学府路253号

(72)发明人 何永清 万燕霞 刘菁晗

(51)Int.Cl.
B01J 19/00(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

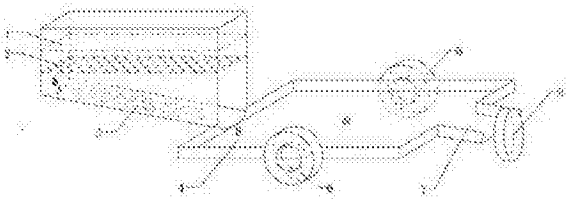
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)实用新型名称

一种基于磁液弹珠的微反应器

(57)摘要

本实用新型提供一种基于磁液弹珠的微反应器，主要由磁液弹珠生成装置及相连的磁控反应区构成。磁液弹珠生成装置包括上部的粉末放置板与筛板和下部的粉末床，目的是将超疏水/油微米颗粒均匀地平铺在粉末床上。含有两种及以上反应物的磁性液滴从粉末床上滚过就会形成具备超疏水/油特性的磁液弹珠。磁液弹珠进入磁控反应区，在两侧通电线圈形成的磁场作用下，在反应区内来回地震荡，引发弹珠内部液体的剧烈对流，强化扰动，使得反应物充分混合，加速反应。反应完成后，通过尾部的通电线圈将磁液弹珠引导排出或收集。本实用新型适用于微量物质的反应过程，具有可控及反应快的优点。



CN 207745854 U

1.一种基于磁液弹珠的微反应器，包括磁液弹珠生成装置和磁控反应区；

磁液弹珠生成装置包括上部的粉末放置板(1)与筛板(2)以及下部的粉末床(3)，粉末放置板(1)为可开合或可抽离装置，筛板(2)置于粉末放置板(1)正下方；粉末床(3)置于筛板(2)正下方，倾斜设置；

磁控反应区包括基底(4)、线圈Ⅰ(5)、线圈Ⅱ(6)、导出槽(7)和线圈Ⅲ(8)，基底(4)一端与粉末床(3)连接，线圈Ⅰ(5)和线圈Ⅱ(6)分别置于基底(4)两侧，并分别与稳压电源相连接，基底(4)另一端设有导出槽(7)，导出槽(7)外侧设有线圈Ⅲ(8)，线圈Ⅲ(8)与稳压电源相连接。

2.根据权利要求1所述的微反应器，其特征在于，筛板(2)为软质筛板或硬质筛板。

3.根据权利要求1或2所述的微反应器，其特征在于，筛板(2)与马达连接。

4.根据权利要求1或2所述的微反应器，其特征在于，筛板(2)为可抽动装置。

5.根据权利要求1所述的微反应器，其特征在于，粉末床(3)表面为弧状。

6.根据权利要求1所述的微反应器，其特征在于，基底(4)为固体平面或盛有液体的容器。

7.根据权利要求1所述的微反应器，其特征在于，线圈Ⅰ(5)和线圈Ⅱ(6)圆心位于基底(4)上表面的水平面上。

8.根据权利要求1所述的微反应器，其特征在于，线圈Ⅰ(5)和线圈Ⅱ(6)与同一个可编程稳压电源连接。

一种基于磁液弹珠的微反应器

技术领域

[0001] 本实用新型涉及化学、生物以及医学领域，特别涉及一种基于磁液弹珠的微型反应器，可用于两种及以上的化学物质之间、药物与细胞之间的反应及相互作用。

背景技术

[0002] 反应器是用于实现反应过程的设备，通常用于生物、化工、制药等行业。对于常规尺寸的反应器，通常采用搅拌、超声波、振动、加热、加压等方式加速反应。但是当反应物尺寸变成微纳米级别时，反应过程则难于控制，反应的强化也变得较为困难。

[0003] 目前，为了解决这一系列问题，使用微反应器代替常规反应器。微反应器具有反应时间精确控制、反应比例控制、迅速放出热量、可控选择性、结构安全等优点。而微反应器大部分为微通道反应器，一般加工出来的通道特征尺寸达到微米，若反应物中含有较多固体反应物，则难于通过通道，极易发生堵塞，导致反应过程无法连续。而如何解决这一问题则成为微反应器的技术难点。

实用新型内容

[0004] 为了克服上述现有技术的缺点，本实用新型的目的在于提供一种基于磁液弹珠的微反应器，可以使两种及以上的反应物快速充分反应的反应装置。

[0005] 为了达到上述目的，本实用新型采用的技术方案为：

[0006] 一种基于磁液弹珠的微反应器，包括磁液弹珠生成装置和磁控反应区。磁液弹珠生成装置包括上部的粉末放置板1与筛板2以及下部的粉末床3，粉末放置板1为可开合或可抽离的装置，筛板2置于粉末放置板1正下方，粉末床3置于筛板2正下方，粉末床3是表面为弧状的斜坡；磁控反应区包括基底4、线圈Ⅰ5、线圈Ⅱ6、导出槽7和线圈Ⅲ8，基底4一端与粉末床3连接，线圈Ⅰ5和线圈Ⅱ6分别置于基底4两侧，圆心位于基底4上表面的水平面上，并分别与稳压电源相连接，稳压电源为其提供电流，线圈通电后产生磁场；基底4另一端设有导出槽7，导出槽7外侧设有线圈Ⅲ8，线圈Ⅲ8与稳压电源相连接，稳压电源为其提供电流，线圈通电后产生磁场。

[0007] 优选地，筛板2可以为软质筛板，也可以为硬质筛板。

[0008] 优选地，筛板2与马达连接，马达的震动带动筛板的震动，从而使粉末从筛板2的孔隙中掉落下来，铺在粉末床3上。

[0009] 优选地，筛板2为可抽动装置，其宽度大于粉末放置板1，来回抽动筛板2，从而使粉末从筛板2的孔隙中掉落下来，铺在粉末床3上。

[0010] 优选地，线圈Ⅰ5和线圈Ⅱ6由同一个可编程稳压电源分别独立供电，对稳压电源进行编程，实现两个线圈的电流以一定频率交替变化，从而实现磁场的周期性变化。可编程稳压电源对线圈Ⅰ5和线圈Ⅱ6的供电方式可以是交替供电，也可以是交替增减电流(即线圈Ⅰ5电流逐渐增大，线圈Ⅱ6电流逐渐减小，当线圈Ⅰ5电流达到最大值时，线圈Ⅱ6电流最小，随后线圈Ⅰ5电流逐渐减小，线圈Ⅱ6的电流逐渐增大)；电流信号可以规则变化(如正弦波、三

角波、矩形波等)，也可无规则变化。

[0011] 本实用新型原理：液体弹珠是由疏水/油微纳米颗粒包裹微量液滴而成，由于其表面粉末颗粒的存在抑制了基底与液体弹珠中基液的直接接触。接触面空气垫的存在使得弹珠可以在固体壁面以及液面上快速移动，并具有可操控性。由于液体弹珠体积小巧，可以将其用作微型化学反应器或微型生物反应器，比如气体感应器、污水检测器、血型检验装置等。磁性液体中含有纳米磁性颗粒，在外加磁场下会表现出磁性，磁液弹珠中的磁性液体不与反应物发生反应且不影响其反应，因此磁液弹珠可受外加磁场的操控，特别适合作为微反应器的媒介；

[0012] 磁液弹珠表面的超疏水/油粉末颗粒，改变了液滴的亲疏水特性，使得亲水/疏水的液滴变得疏水/亲水，从而能够在固体壁面上或液面上滚动。在磁场里，磁液弹珠受到磁力，向磁场梯度密集的地方运动。通过磁场的变换，使得液体弹珠来回往返的滚动，整体的运动带动磁液弹珠内部流体对流，加强内部扰动，从而使得内部反应物混合更加均匀，加强了传质、提高了反应的效率。

[0013] 本实用新型工作过程：将微米级的超疏水/油粉末颗粒平铺在粉末放置板1上，打开粉末放置板1，超疏水/油粉末颗粒掉落在筛板2(如图4所示)上，然后通过孔隙掉落到下层的粉末床3，均匀的铺在粉末床3上。含有两种及以上反应物的磁性液滴滴落在粉末床3的上端A点(如图1所示)，在重力的作用下通过倾斜的弧形粉末床3，经过B点，此时磁性液滴表面粘附一层疏水/油粉末颗粒，形成磁液弹珠，如图2所示。此部分为磁液弹珠生成装置。液滴转换为弹珠的过程示意图，如图2所示。

[0014] 当磁液弹珠由于惯性力的作用由B点继续向前滚动到磁控反应区时，打开连接线圈I5的稳压电源开关，磁液弹珠受到通电线圈I5的磁力，则向线圈I5滚动(如图5所示)；当其滚动到线圈I5时，迅速关闭连接线圈I5的稳压电源开关，同时打开连接线圈Ⅱ6的稳压电源开关，磁液弹珠即向线圈Ⅱ6的方向滚动(如图6所示)。如此交替打开关闭连接线圈I5和线圈Ⅱ6的稳压电源开关，使得磁场不断变化，液体弹珠受到的磁力不断变化，从而使磁液弹珠在线圈I5、线圈Ⅱ6之间来回往返运动(如图7所示)，其内部的液体对流，扰动加强，反应物充分混合，加速反应。反应完成后(如图3所示)，关闭连接线圈I5、线圈Ⅱ6的稳压电源开关，开启连接线圈Ⅲ8的稳压电源，磁液弹珠在磁力的作用下，通过导出槽7向通电线圈Ⅲ8滚动(如图8所示)，从而排出装置或被收集起来。线圈I5、线圈Ⅱ6和线圈Ⅲ8的规格可根据磁性液滴的大小进行调整，三个线圈的规格可相同也可不同。

[0015] 如上所述，通过改变通电线圈产生的复合磁场，使得液体弹珠在其中滚动，实现基于液体弹珠的微反应，提高了反应效率。

[0016] 本实用新型的有益效果：

[0017] 1、本实用新型利用磁性液体在磁场下显示磁性这一特性，通过一组通电线圈交替产生磁场，使得磁液弹珠在磁场的诱导下向磁场梯度大的方向运动；

[0018] 2、本实用新型反应物为微纳米级颗粒，不溶于磁性液体，通过磁液弹珠整体的滚动带动内部液体剧烈对流，使得内部反应物混合更加均匀，反应更加精准，提高反应效率；

[0019] 3、本实用新型与普通反应器相比体积小，不会造成因反应物过多不能充分反应导致反应物的浪费、反应效率低的现象。

附图说明

[0020] 图1为本实用新型的结构示意图；

[0021] 图2是磁液弹珠生成过程示意图；

[0022] 图3是反应物在磁液弹珠内的反应过程图；

[0023] 图4是筛板2示意图；

[0024] 图5是磁液弹珠往通电线圈I5方向运动示意图；

[0025] 图6是磁液弹珠往通电线圈Ⅱ6方向运动示意图；

[0026] 图7是磁液弹珠在磁场中来回滚动的轨迹图；

[0027] 图8是反应完成后，磁液弹珠从磁控反应区的排出过程图；

[0028] 图9是实施例4中，磁液弹珠悬浮于水面图；

[0029] 图10是实施例2中，多种反应物的反应过程图；

[0030] 图中：1-粉末放置板，2-筛板，3-粉末床，4-基底，5-线圈I，6-线圈Ⅱ，7-导出槽，8-线圈Ⅲ。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图和实施例对本实用新型作进一步说明，但本实用新型的内容不限于实施例及附图所示。

[0032] 实施例1

[0033] 如图1所示，一种基于磁液弹珠的微反应器，包括磁液弹珠生成装置和磁控反应区。磁液弹珠生成装置包括上部的粉末放置板1与筛板2(如图4所示)以及下部的粉末床3，粉末放置板1为可开合装置，筛板2置于粉末放置板1正下方，筛板2为可抽动的硬质筛板，粉末放置板1大小为80mm×30mm，筛板2大小为80mm×40mm，粉末床3置于筛板2正下方，粉末床3是表面为弧状的斜坡，其与水平面的夹角α为5°；磁控反应区包括基底4、线圈I5、线圈Ⅱ6、导出槽7和线圈Ⅲ8；基底4为50mm×50mm的有机玻璃，基底4一端与粉末床3连接，线圈I5和线圈Ⅱ6分别置于基底4两侧，其规格均为匝数为5000匝，内径为20mm，外径为40mm，高度为65mm，漆包线直径为0.31mm，线圈I5、线圈Ⅱ6圆心位于基底4上表面的水平面上，并分别与稳压电源相连接，稳压电源为其提供0.3A的电流。基底4另一端设有导出槽7，导出槽7外侧设有线圈Ⅲ8，线圈Ⅲ8与稳压电源相连接。

[0034] 将微米级的超疏水粉末平铺在粉末放置板1上，打开粉末放置板1，超疏水粉末掉落在筛板2上，通过来回抽动筛板2，使得粉末通过孔隙掉落到下层的粉末床3，均匀的铺在粉末床3上。包含两种不同反应物a、b的水基磁性液滴从A点滴落，通过粉末床3后表面覆盖超疏水粉末成为磁液弹珠(如图2所示)。打开连接线圈I5的稳压电源，磁液弹珠滚动临近线圈I5(如图5所示)时，迅速关闭线圈I5的稳压电源开关，打开连接线圈Ⅱ6的稳压电源开关，磁液弹珠则向线圈Ⅱ6滚动(如图6所示)，磁液弹珠滚动临近线圈Ⅱ6时，再关闭线圈Ⅱ6的稳压电源开关，打开线圈I5的稳压电源开关，如此循环反复(如图7所示)，直到磁液弹珠内的两种反应物反应完毕(如图3所示)。关闭连接线圈I5、线圈Ⅱ6的稳压电源开关，打开连接线圈Ⅲ8的稳压电源，磁液弹珠则向通电线圈Ⅲ8滚动，经过导出槽7排出装置(如图8所示)。

[0035] 实施例2

[0036] 参照实施例1的结构，本实施例与实施例1不同在于，筛板2为软质筛板，粉末床3与水平面的夹角α为3°。

[0037] 本实施例中，微型反应器中反应物为三种(如图10所示)，包含多种反应物a、反应物b、反应物c体积为5μL的磁性液滴滚过粉末床3后，变成磁液弹珠，磁液弹珠里的多种反应物在磁控反应区充分混合反应后生成反应物r。由此可见，微型反应器能够实现两种及以上的反应物在其中反应。

[0038] 实施例3

[0039] 如图1所示，一种基于磁液弹珠的微反应器，包括磁液弹珠生成装置和磁控反应区。磁液弹珠生成装置包括上部的粉末放置板1与筛板2(孔径为50μm)以及下部的粉末床3，粉末放置板1和筛板2的尺寸均为80mm×30mm，粉末放置板1为可抽离装置，筛板2置于粉末放置板1正下方，筛板2与马达连接，粉末床3是表面为弧状的斜坡，其与水平面的夹角α为10°；

[0040] 磁控反应区包括基底4、线圈Ⅰ5、线圈Ⅱ6、导出槽7和线圈Ⅲ8；基底4为60mm×60mm的有机玻璃，基底4一端与粉末床3连接，线圈Ⅰ5和线圈Ⅱ6分别置于基底4两侧，其规格均为匝数为3000匝，内径为15mm，外径为50mm，高度为30mm，漆包线直径为0.31mm，线圈Ⅰ5、线圈Ⅱ6圆心位于基底4上表面的水平面上，并与同一个可编程稳压电源相连接，对稳压电源进行编程，实现两个线圈以一定频率交替供电，电流大小为0.4A的恒定电流，从而实现磁场的周期性变化。基底4另一端设有导出槽7，导出槽7外侧设有线圈Ⅲ8，线圈Ⅲ8与稳压电源相连接，稳压电源为其提供恒定的电流。

[0041] 开启粉末放置板1，疏油粉末掉落在筛板2上，开启连接筛板2的马达开关，马达震动带动筛板2震动，使得粉末掉落于其正下方的粉末床3上并均匀的铺展于其上。包含两种反应物(不溶于油)、以油基磁性液体为基液，体积为8μL的液滴从A点滴落，到达B点时，表面均匀的覆盖一层疏油颗粒，形成磁液弹珠。磁液弹珠滚到B点时，打开连接线圈Ⅰ5和线圈Ⅱ6的可编程稳压电源，电源先向线圈Ⅰ5输出供电，磁液弹珠向线圈Ⅰ5运动，0.25s后，电源自动断开线圈Ⅰ5的供电，同时向线圈Ⅱ6输出供电，间隔0.25s，电源自动断开线圈Ⅱ6继续为线圈Ⅰ5供电，如此交替进行5min，反应完成。关闭连接线圈Ⅰ5、线圈Ⅱ6的可编程稳压电源开关，开启连接线圈Ⅲ8的稳压电源，使磁液弹珠导出装置。

[0042] 实施例4

[0043] 参照实施例1的结构，本实施例与实施例1的不同之处在于，基底4为有机玻璃制备50mm×50mm，深20mm的凹槽，内部盛上水(如图9所示)。磁液液滴从粉末床3上滚下，到达B点时，液滴表面已经覆盖一层超疏水粉末，将磁性液滴完好的包裹于内。由于超疏水粉末的存在，磁液弹珠漂浮于水面之上。两侧线圈Ⅰ5和线圈Ⅱ6的中心线与水平面平齐，线圈大小规格同实施例1，但供给的电流大小为0.15A，交替为线圈Ⅰ5、线圈Ⅱ6通上电流，使得磁液弹珠在水面上来回往返运动。

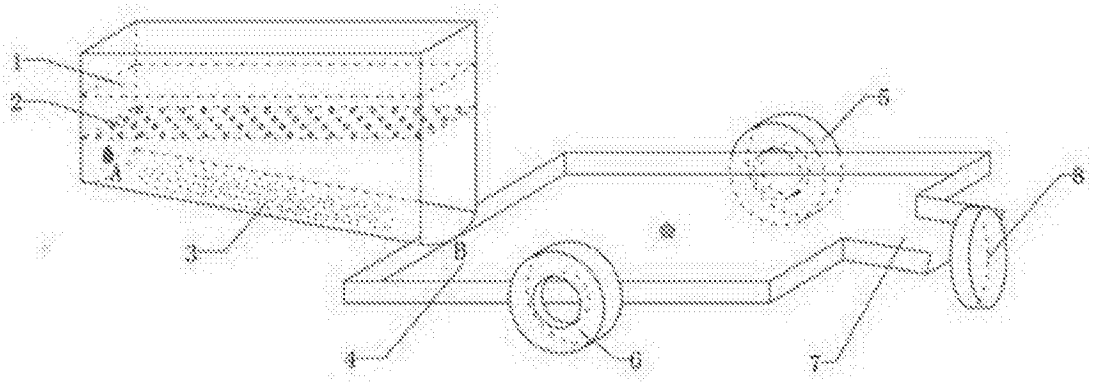

1
2
3
4
5
6
7
8
9

图 1

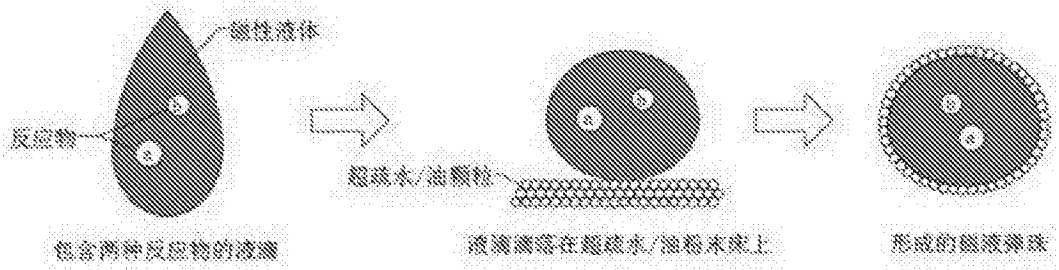

磁性液体
反应物
超疏水/油颗粒
含两种反应物的液滴
液滴滴落在超疏水/油粉末床上
形成的磁液弹珠

图 2

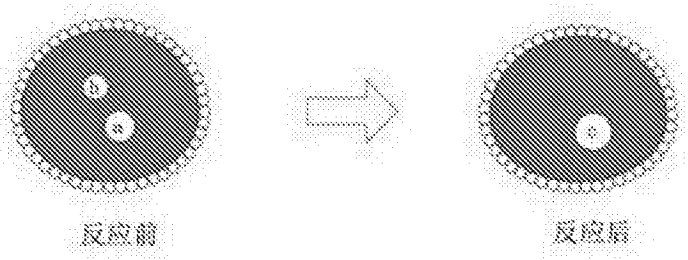

反应前
反应后

图 3

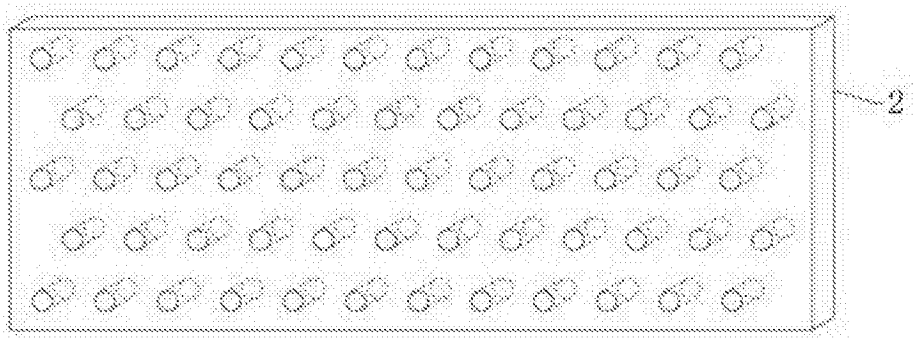

2

图 4

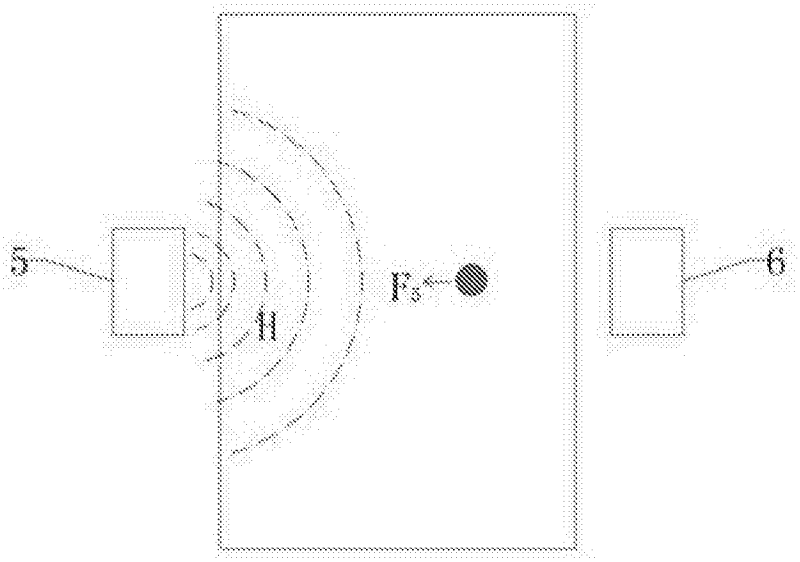


图 5

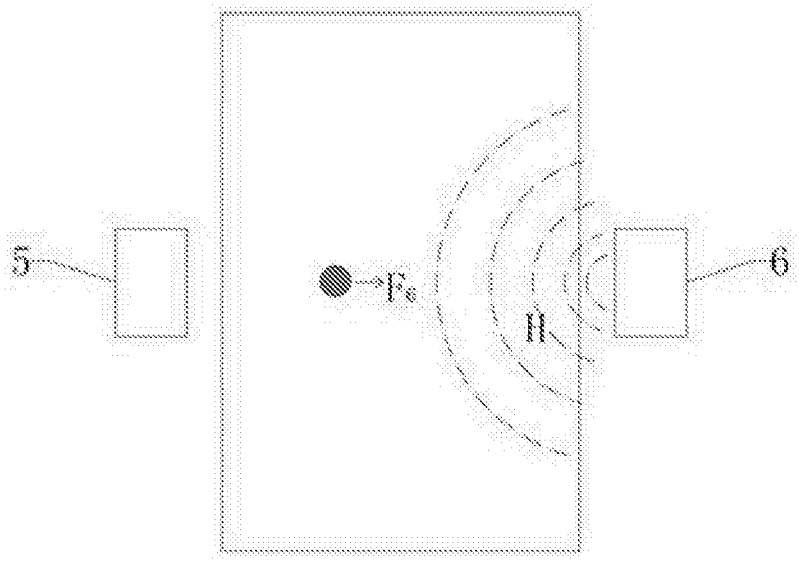


图 6

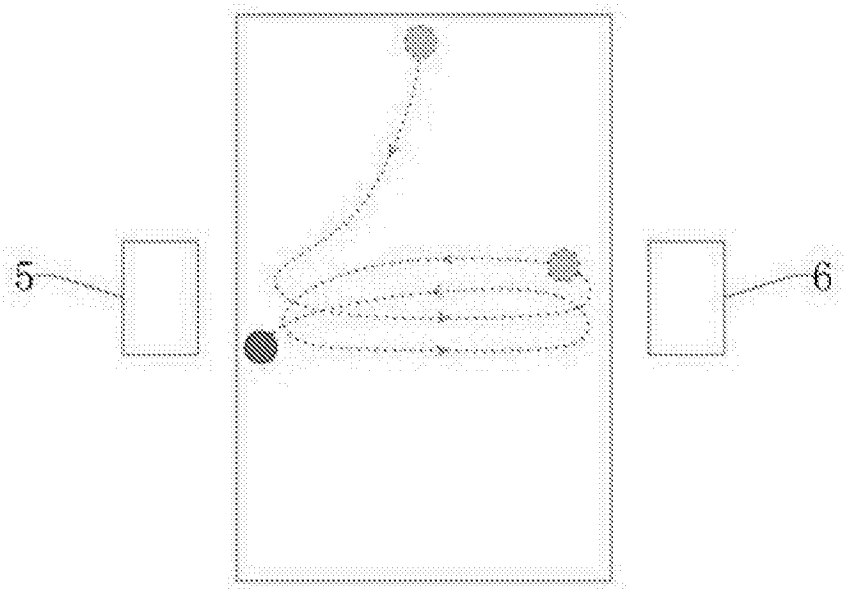


图 7

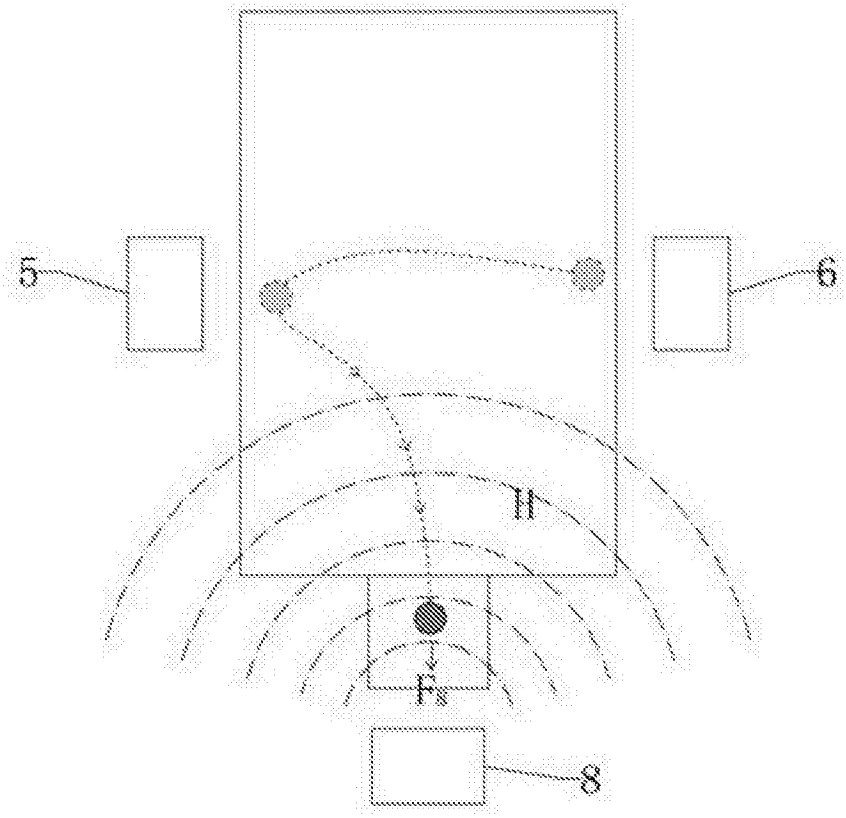


图 8

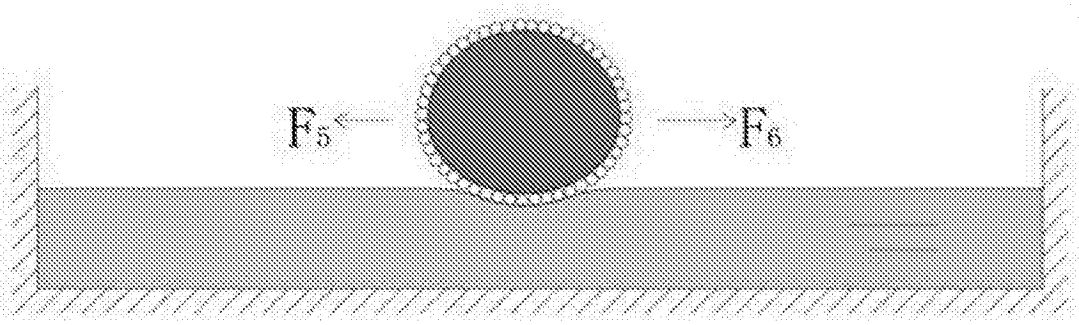


图 9

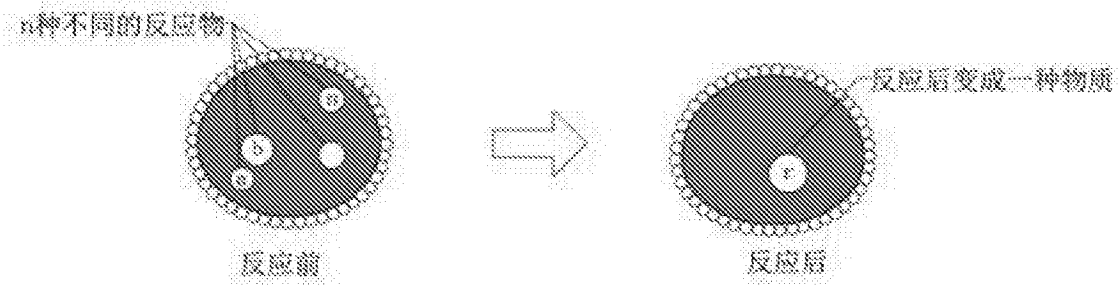


图 10