



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103680801 B

(45)授权公告日 2017.04.12

(21)申请号 201210320657.7

(22)申请日 2012.08.31

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103680801 A

(43)申请公布日 2014.03.26

(73)专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约州

(72)发明人 李广州 T.J.霍尔里斯
伊万格拉斯.T.拉斯卡里斯
武安波 徐民风 江隆植 车立新
李军 白烨

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105
代理人 彭久云

(51)Int.Cl.

H01F 6/00(2006.01)

H01F 6/06(2006.01)

(56)对比文件

CN 101894652 A,2010.11.24,
JP 特开2008-141209 A,2008.06.19,
JP 特开2007-282859 A,2007.11.01,
CN 102456460 A,2012.05.16,
CN 102478647 A,2012.05.30,

审查员 高静静

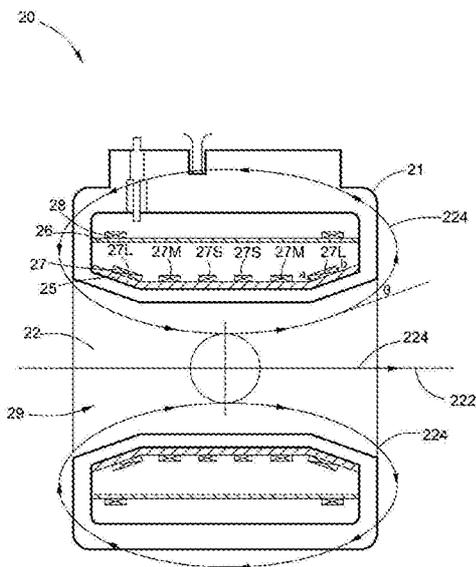
权利要求书2页 说明书5页 附图13页

(54)发明名称

超导磁体系统

(57)摘要

本发明涉及一种超导磁体系统,其包括具有一内孔的壳体,该内孔用于放置待测物;同中心设置在该壳体外的第一支撑架;及支撑于该第一支撑架上的至少一个超导线圈。该至少一个超导线圈的两相对端的至少一段大致沿着磁通线的走向设置。



1. 一种超导磁体系统,其特征在于:该超导磁体系统包括:
具有一内孔的壳体,该内孔用于放置待测物;
同中心设置在该壳体内的第一支撑架;及
支撑于该第一支撑架上的至少一个超导线圈;
该至少一个超导线圈的两相对端的至少一段沿着磁通线的走向设置,且
该至少一个超导线圈的两相对端的至少一段不与所述超导磁体系统的旋转轴相平行。
2. 如权利要求1所述的超导磁体系统,其中该第一支撑架及该壳体的两相对端对应于该至少一个超导线圈的两相对端的至少一段的部分与超导磁体系统的旋转轴之间具有倾斜角或弧度。
3. 如权利要求1所述的超导磁体系统,其中该至少一个超导线圈安装在该第一支撑架的外表面或内表面上,或者一部分安装在第一支撑架的外表面上而另一部分安装在第一支撑架的内表面上。
4. 如权利要求1所述的超导磁体系统,其中该至少一个超导线圈包括两个第一超导线圈,该两个第一超导线圈分别被安装在该第一支撑架相对的两侧,且该两个第一超导线圈沿着磁通线的走向设置。
5. 如权利要求4所述的超导磁体系统,其中该至少一个超导线圈进一步包括两个位于该两个第一超导线圈之间的第二超导线圈,且该第二超导线圈与超导磁体系统的旋转轴平行。
6. 如权利要求4所述的超导磁体系统,其中该至少一个超导线圈进一步包括两个位于该两个第一超导线圈之间的第二超导线圈,且该第二超导线圈也沿着磁通线的走向设置。
7. 如权利要求5或6所述的超导磁体系统,其中该第一超导线圈的尺寸大于该第二超导线圈的尺寸。
8. 如权利要求6所述的超导磁体系统,其中该第一超导线圈与该第二超导线圈相对于超导磁体系统的旋转轴的倾斜度不同。
9. 如权利要求4所述的超导磁体系统,其中该至少一个超导线圈进一步包括两个位于该两个第一超导线圈之间的第二超导线圈,还包括两个位于该两个第二超导线圈之间的第三超导线圈,且该第二超导线圈也沿着磁通线的走向设置,该第三超导线圈与超导磁体系统的旋转轴平行。
10. 如权利要求4所述的超导磁体系统,其中该至少一个超导线圈进一步包括两个位于该两个第一超导线圈之间的第二超导线圈,还包括两个位于该两个第二超导线圈之间的第三超导线圈,且该第二及第三超导线圈也沿着磁通线的走向设置。
11. 如权利要求10所述的超导磁体系统,其中该第一超导线圈与该第二超导线圈相对于超导磁体系统的旋转轴的倾斜度不同,该第二超导线圈与该第三超导线圈相对于超导磁体系统的旋转轴的倾斜度也不同。
12. 如权利要求1所述的超导磁体系统,其中该超导磁体系统进一步包括:
同中心设置在该壳体内且位于该第一支撑架外侧的第二支撑架;及
支撑于该第二支撑架上的至少一个屏蔽线圈;
该至少一个屏蔽线圈的两相对端的至少一段沿着磁通线的走向设置。
13. 如权利要求12所述的超导磁体系统,其中该至少一个屏蔽线圈包括两个屏蔽线圈,

分别被安装在该第二支撑架相对的两侧,且该两个第二屏蔽线圈沿着磁通线的走向设置。

14. 如权利要求12所述的超导磁体系统,其中该至少一个屏蔽线圈安装在该第二支撑架的外表面或内表面上,或者一部分安装在第二支撑架的外表面上而另一部分安装在第二支撑架的内表面上。

15. 一种超导磁体系统,其特征在于:该超导磁体系统包括:

具有一内孔的壳体,该内孔用于放置待测物,且该壳体为截头圆锥体形状;

同中心设置在该壳体內的截头圆锥体形状支撑架;及

支撑于该支撑架上的若干超导线圈,且该若干超导线圈平行于该支撑架设置。

16. 如权利要求15所述的超导磁体系统,其中该若干超导线圈安装在该支撑架的外表面或内表面上,或者一部分安装在支撑架的外表面上而另一部分安装在支撑架的内表面上。

17. 如权利要求16所述的超导磁体系统,其中该若干超导线圈的一部分安装在支撑架的内表面上且该部分靠近内孔的大开口处,该若干超导线圈的另一部分安装在支撑架的外表面上且该部分靠近内孔的小开口处。

18. 如权利要求15所述的超导磁体系统,其中该若干超导线圈中最靠近内孔的大开口处的一个超导线圈的尺寸比其他超导线圈的尺寸都大。

19. 一种超导磁体系统,其特征在于:该超导磁体系统包括:

具有一内孔的壳体,该内孔用于放置待测物;

同中心设置在该壳体內的支撑架;及

支撑于该支撑架上的至少一个超导线圈;

该至少一个超导线圈的两相对端的至少一段与超导磁体系统的旋转轴之间具有一倾斜角;

至少一个超导线圈的两相对端的至少一段沿着磁通线的走向设置。

20. 如权利要求19所述的超导磁体系统,其中该至少一个超导线圈包括两个超导线圈,该两个超导线圈分别被安装在该支撑架相对的两侧,且该两个超导线圈均与超导磁体系统的旋转轴之间具有该倾斜角。

超导磁体系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超导磁体系统,特别涉及一种可降低失超风险的超导磁体系统。

背景技术

[0002] 随着超导技术和超导材料的蓬勃发展,超导磁体有着广阔的应用前景。由于超导磁体体积小、电流密度高、能耗低、磁场强度高优点,在基础科学研究、医疗卫生、交通运输、国防工业等领域越来越多的被应用。例如,在磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging,MRI)系统中,超导磁体就被应用来产生一个均匀磁场。

[0003] 当工作中的超导磁体由超导状态回复到电阻状态时,称之为失超(Quench)。这可能是由于温度、外界磁场的强度或承载电流的密度等某个参数超出其临界值而引起的。超导磁体失超的部分将不再是超导的,而是进入电阻状态,任何流经该电阻部分的电流都会导致局部焦耳发热,由于超导磁体存储了大量的能量,此时该失超的部分会快速的变热,从而可能会烧坏该失超的部分,例如熔化该失超的部分上的超导线。

[0004] 现有的一种超导磁体系统,例如MRI系统,可能包括一个圆环状的真空容器、一个同中心嵌套在该真空容器内的圆环状的热屏蔽罩、一个同中心嵌套在该热屏蔽罩内的圆环状的冷却腔、一个同中心嵌套在该冷却腔内的圆筒状的第一支撑架、一个同中心嵌套在该冷却腔内且位于该第一支撑架外侧的圆筒状的第二支撑架、若干缠绕(或安装)在该第一支撑架上的超导线圈、及若干缠绕(或安装)在该第二支撑架上的屏蔽线圈(Bucking/Shield coil)。该若干超导线圈可能包括两个大的超导线圈、两个中等大小的超导线圈及两个小的超导线圈,该若干屏蔽线圈包括两个屏蔽线圈。通常地,该两个大的超导线圈分别设置于该第一支撑架的两相对端处,该两个屏蔽线圈分别位于该第二支撑架的两相对端处。

[0005] 在传统的设计中,该超导线圈及屏蔽线圈均被设置成与该超导磁体系统的旋转轴(中心线)相平行。而基于磁场理论可知,该超导磁体系统的磁通线的走向大致为围绕在该真空容器周围的椭圆形状分布,可知该超导线圈尤其是位于最外侧的两个大的超导线圈不与该磁通线平行,例如该大的超导线圈与该磁通线之间具有一倾斜角。因此可知该大的超导线圈的一端上所产生的磁场力(洛伦兹力)与另一端上所产生的磁场力不相等,由此在超导磁体与第一支撑架之间将产生横向剪切摩擦力,并且该横向剪切摩擦力与该倾斜角具有一定的正比关系。由于该超导磁体与第一支撑架之间将产生横向剪切摩擦力,因此该横向剪切摩擦力可能产生摩擦热量,从而可能会引起该超导磁体发生失超,故降低了系统的稳定性。

[0006] 所以,需要提供一种新的超导磁体系统来解决上述问题。

发明内容

[0007] 现在归纳本发明的一个或多个方面以便于本发明的基本理解,其中该归纳并不是本发明的扩展性纵览,且并非旨在标识本发明的某些要素,也并非旨在划出其范围。相反,该归纳的主要目的是在下文呈现更详细的描述之前用简化形式呈现本发明的一些概念。

- [0008] 本发明的一个方面在于提供一种超导磁体系统。该超导磁体系统包括：
- [0009] 具有一内孔的壳体，该内孔用于放置待测物；
- [0010] 同中心设置在该壳体内的第一支撑架；及
- [0011] 支撑于该第一支撑架上的至少一个超导线圈；
- [0012] 该至少一个超导线圈的两相对端的至少一段大致沿着磁通线的走向设置。
- [0013] 本发明的另一个方面在于提供一种超导磁体系统。该超导磁体系统包括：
- [0014] 具有一内孔的壳体，该内孔用于放置待测物，且该壳体为截头圆锥体形状；
- [0015] 同中心设置在该壳体内的截头圆锥体形状支撑架；及
- [0016] 支撑于该支撑架上的若干超导线圈，且该若干超导线圈平行于该支撑架设置。
- [0017] 本发明的再一个方面在于提供一种超导磁体系统。该超导磁体系统包括：
- [0018] 具有一内孔的壳体，该内孔用于放置待测物；
- [0019] 同中心设置在该壳体内的支撑架；及
- [0020] 支撑于该支撑架上的至少一个超导线圈；
- [0021] 该至少一个超导线圈的两相对端的至少一段与超导磁体系统的旋转轴之间具有一倾斜角。
- [0022] 相较于现有技术，本发明的超导磁体系统通过将至少一部分超导线圈的安装方向大致趋于磁通线的走向方向设置，从而降低了超导线圈与支撑架之间的横向剪切摩擦力，故可有效降低超导线圈失超的风险。另外，该超导磁体系统的壳体对应将内孔的两侧开口处拓宽，故可有效降低病人的幽闭恐怖症 (claustrophobia) 的发生。

附图说明

- [0023] 通过结合附图对于本发明的实施方式进行了描述，可以更好地理解本发明，在附图中：
- [0024] 图1为本发明超导磁体系统第一实施方式沿中心线的切面示意图。
- [0025] 图2为本发明超导磁体系统第二实施方式沿中心线的切面示意图。
- [0026] 图3为本发明超导磁体系统第三实施方式沿中心线的切面示意图。
- [0027] 图4为本发明超导磁体系统第四实施方式沿中心线的切面示意图。
- [0028] 图5为本发明超导磁体系统第五实施方式沿中心线的切面示意图。
- [0029] 图6为本发明超导磁体系统第六实施方式沿中心线的切面示意图。
- [0030] 图7为本发明超导磁体系统第七实施方式沿中心线的切面示意图。
- [0031] 图8为本发明超导磁体系统第八实施方式沿中心线的切面示意图。
- [0032] 图9为本发明超导磁体系统第九实施方式沿中心线的切面示意图。
- [0033] 图10为本发明超导磁体系统第十实施方式沿中心线的切面示意图。
- [0034] 图11为图10超导磁体系统的第一个具体的实施方式沿中心线的切面示意图。
- [0035] 图12为图10超导磁体系统的第二个具体的实施方式沿中心线的切面示意图。
- [0036] 图13为图10超导磁体系统的第三个具体的实施方式沿中心线的切面示意图。

具体实施方式

- [0037] 以下将描述本发明的具体实施方式，需要指出的是，在这些实施方式的具体描述

过程中,为了进行简明扼要的描述,本说明书不可能对实际的实施方式的所有特征均作详尽的描述。应当可以理解的是,在任意一种实施方式的实际实施过程中,正如在任意一个工程项目或者设计项目的过程中,为了实现开发者的具体目标,为了满足系统相关的或者商业相关的限制,常常会做出各种各样的具体决策,而这也会从一种实施方式到另一种实施方式之间发生改变。此外,还可以理解的是,虽然这种开发过程中所作出的努力可能是复杂并且冗长的,然而对于与本发明公开的内容相关的本领域的普通技术人员而言,在本公开揭露的技术内容的基础上进行的一些设计,制造或者生产等变更只是常规的技术手段,不应当理解为本公开的内容不充分。

[0038] 除非另作定义,权利要求书和说明书中使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属技术领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本发明专利申请说明书以及权利要求书中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性,而只是用来区分不同的组成部分。“一个”或者“一”等类似词语并不表示数量限制,而是表示存在至少一个。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现在“包括”或者“包含”前面的元件或者物件涵盖出现在“包括”或者“包含”后面列举的元件或者物件及其等同元件,并不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接,而是可以包括电气的连接,不管是直接的还是间接的。

[0039] 请参考图1,为本发明超导磁体系统20的第一实施方式沿中心线的切面示意图。该第一实施方式中,该超导磁体系统20包括一个圆环状壳体21(内部可能包括一个真空容器、一个热屏蔽罩及一个冷却腔,此处未示出)、一个同中心嵌套在该壳体21内的圆筒状的第一支撑架25、一个同中心嵌套在该壳体21内且位于该第一支撑架25外侧的圆筒状的第二支撑架26、若干缠绕(或安装)在该第一支撑架25的外表面上的超导线圈27、及若干缠绕(或安装)在该第二支撑架26的外表面上的屏蔽线圈(Bucking/Shield coil)28。该壳体21的中心用于形成一个磁场区域22,并且具有一个用于放置待测患者的内孔29。在一个非限定的实施方式中,该若干超导线圈27可能包括两个大的超导线圈27L、两个中等大小的超导线圈27M及两个小的超导线圈27S,该若干屏蔽线圈28包括两个屏蔽线圈。该两个大的超导线圈27L分别位于该第一支撑架25的两相对端处,该两个屏蔽线圈28分别位于该第二支撑架26的两相对端处。在其他实施方式中,该超导线圈27及屏蔽线圈28的数量及尺寸均可根据实际需要进行调整。为了方便描述本发明超导磁体系统的具体结构,本文中的全部实施方式均介绍沿中心线的一个切面的结构,由于该超导磁体系统为中心对称结构,故其他部分结构相同,不再赘述。

[0040] 在图1所示的实施方式中,该两个大的超导线圈27L被设置成不与该超导磁体系统20的旋转轴222平行且大致沿着磁通线224的走向设置。如此,相较于现有技术相比,该超导线圈27L与磁通线224之间的夹角 θ 变小了,甚至可以设置为趋近于零。这样一来,该大的超导线圈27L的一端‘a’上所产生的磁场力(洛伦兹力)与另一端‘b’上所产生的磁场力基本趋于相等,由此在超导磁体27L与第一支撑架25之间产生的横向剪切摩擦力将非常小,甚至等于零,因此由该横向剪切摩擦力所引起失超的可能性将大大降低,故提高了系统的可靠性。在其他实施方式中,其他的超导线圈或屏蔽线圈也可进行相应的调整,来进一步降低失超的风险,以下给出的多个实施方式将给出多种不同的实施方式进行说明,但要指出的是,本发明给出的实施方式并非穷举,而仅仅是举例说明,本领域一般技术人员可据此作适应性

的修改和变型。

[0041] 另一方面,在图1所示的实施方式中,对应于该两个大的超导线圈27L所作的方向调整,该第一支撑架25及该壳体21的形状也作了对应的修改,例如该第一支撑架25的两端向上弯曲一定角度(如 θ 角度)或一定弧度,该壳体21也作相同调整。如此以来,该壳体21的内孔29的两侧的空间变大了,如此开阔的内孔29可有效降低病人的幽闭恐怖症的发生。

[0042] 图2为本发明超导磁体系统第二实施方式沿中心线的切面示意图。相较于图1所示的第一实施方式,该第二实施方式改变了该超导线圈27及屏蔽线圈28与对应的第一支撑架25及第二支撑架26之间的安装关系。具体来说,在第二实施方式中,该超导线圈27安装在该第一支撑架25的内表面上,该屏蔽线圈28安装在该第二支撑架26的内表面上。在其他实施方式上,也可设置成一部分超导线圈27缠绕在该第一支撑架26的外表面上,而其他部分超导线圈27安装在该第一支撑架的内表面上。该超导线圈27也可通过其他形式的支撑架安装,例如将该壳体21的内表面直接作为支撑架安装。

[0043] 图3为本发明超导磁体系统第三实施方式沿中心线的切面示意图。相较于图2所示的第二实施方式,该第三实施方式改变了该两个大的超导线圈27L的形状。具体来说,每一个超导线圈27L的两侧边均与其他超导线圈27(即27M和27S)的两侧边相平行,如此设计可在一定程度上简化该两个大的超导线圈27L的安装。在其他实施方式中,该超导线圈27L的形状也可根据不同安装需要进行相应的修改,不拘泥于本实施方式。

[0044] 图4为本发明超导磁体系统第四实施方式沿中心线的切面示意图。相较于图2所示的第二实施方式,该第四实施方式改变了该屏蔽线圈28与该第二支撑架26之间的安装关系。具体来说,该屏蔽线圈28缠绕在该第二支撑架26的外表面上,同时该屏蔽线圈28也大致沿着磁通线224的走向设置,如此可提高屏蔽线圈28工作的稳定性。

[0045] 图5为本发明超导磁体系统第五实施方式沿中心线的切面示意图。相较于图1所示的第一实施方式,该第五实施方式改变了所有超导线圈27与第一支撑架25之间的安装。具体来说,所有的超导线圈27均被设置成大致沿着磁通线224的走向设置,且该第一支撑架25及壳体21也相应的作了倾斜设计。如此,所有的超导线圈27与第一支撑架25之间的横向剪切摩擦力将相应的降低,进而降低了整体的失超风险。另外,由于该第一支撑架25及壳体21进一步作了倾斜调整,故进一步扩大了内孔29的空间,降低了病人的幽闭恐怖症的发生。

[0046] 图6为本发明超导磁体系统第六实施方式沿中心线的切面示意图。相较于图5所示的第五实施方式,该第六实施方式中,该两个大的超导线圈27L的倾斜度比其他的超导线圈27的倾斜度要大。图7为本发明超导磁体系统第七实施方式沿中心线的切面示意图。相较于图5所示的第五实施方式,该第七实施方式中,该两个小的超导线圈27S的倾斜度、该两个中等的超导线圈27M的倾斜度、该两个大的超导线圈27L的倾斜度依此递增。上述第五至第七实施方式中各个超导线圈的倾斜度的设计均根据多种参数,如尺寸、形状、磁场要求等来设计的,以便获得一个较佳的失超风险控制要求及内孔29的尺寸控制要求。

[0047] 图8为本发明超导磁体系统第八实施方式沿中心线的切面示意图。相较于图7所示的第七实施方式,该第八实施方式将该若干个超导线圈27改为一个完整的弧形线圈,对应的该第一支撑架25及壳体21也改为了弧形。

[0048] 图9为本发明超导磁体系统第九实施方式沿中心线的切面示意图。相较于图7所示的第七实施方式,该第九实施方式将该第一支撑架25设计成了弧形,并且该超导线圈27安

装在该第一支撑架25的外表面上。

[0049] 图10为本发明超导磁体系统30的第十实施方式沿中心线的切面示意图。比较上述所有的实施方式,该第十实施方式的超导磁体系统30的壳体31未设计成圆环状,而是设计成了截头圆锥体形状,该壳体31内也可能包括一个真空容器、一个热屏蔽罩及一个冷却腔,这里均未示出。该壳体31的中心形成了一个磁场区域32,并且具有一个用于放置待测患者的内孔39。由于该壳体31被设计成了截头圆锥体形状,故可有效降低降低病人的幽闭恐怖症的发生。

[0050] 图11为图10超导磁体系统的第一个具体的实施方式沿中心线的切面示意图。在壳体31中,该超导磁体系统30进一步包括一个截头圆锥体形状(frustoconical-shaped)的支撑架35及若干缠绕(或安装)在该支撑架35的外表面上的超导线圈37,且该若干超导线圈37平行于该支撑架35设置。由于该若干超导线圈37不是平行于旋转轴322设置的,因此至少一个或多个超导线圈37的设置是趋于磁通线324的方向设置的,故可降低超导线圈37与支撑架35之间的横向剪切摩擦力,进而降低失超的风险。在非限定的实施方式中,为了在内孔39中获得更加均匀的磁场,可根据磁场理论相应调整超导线圈37的尺寸,例如可将位于最靠近内孔39的大开口处的超导线圈37L设计成最大的尺寸。

[0051] 图12为图10超导磁体系统的第二个具体的实施方式沿中心线的切面示意图。相较于图11所示的实施方式,该实施方式中该超导线圈37安装在该支撑架35的内表面上。

[0052] 图13为图10超导磁体系统的第三个具体的实施方式沿中心线的切面示意图。相较于图11所示的实施方式,该实施方式中靠近内孔39的大开口处的三个超导线圈37安装在该支撑架35的内表面上,而靠近内孔39的小开口处的三个超导线圈37安装在该支撑架35的外表面上。与图11及图12的实施方式相比较,该图13的实施方式配合支撑架35的截头圆锥体形状安排,将超导线圈37分两组并分别设置在支撑架35的内表面及外表面上,根据磁场及力学原理可进一步降低超导磁体37与支撑架35之间产生的横向剪切摩擦力。需要说明的是,为了方便描述,上述图11至图13的实施方式中仅示意出了壳体31、超导磁体37与支撑架35,其他元件如屏蔽线圈、真空容器、热屏蔽罩、冷却腔等均未示意出。

[0053] 虽然结合特定的实施方式对本发明进行了说明,但本领域的技术人员可以理解,对本发明可以作出许多修改和变型。因此,要认识到,权利要求书的意图在于覆盖在本发明真正构思和范围内的所有这些修改和变型。

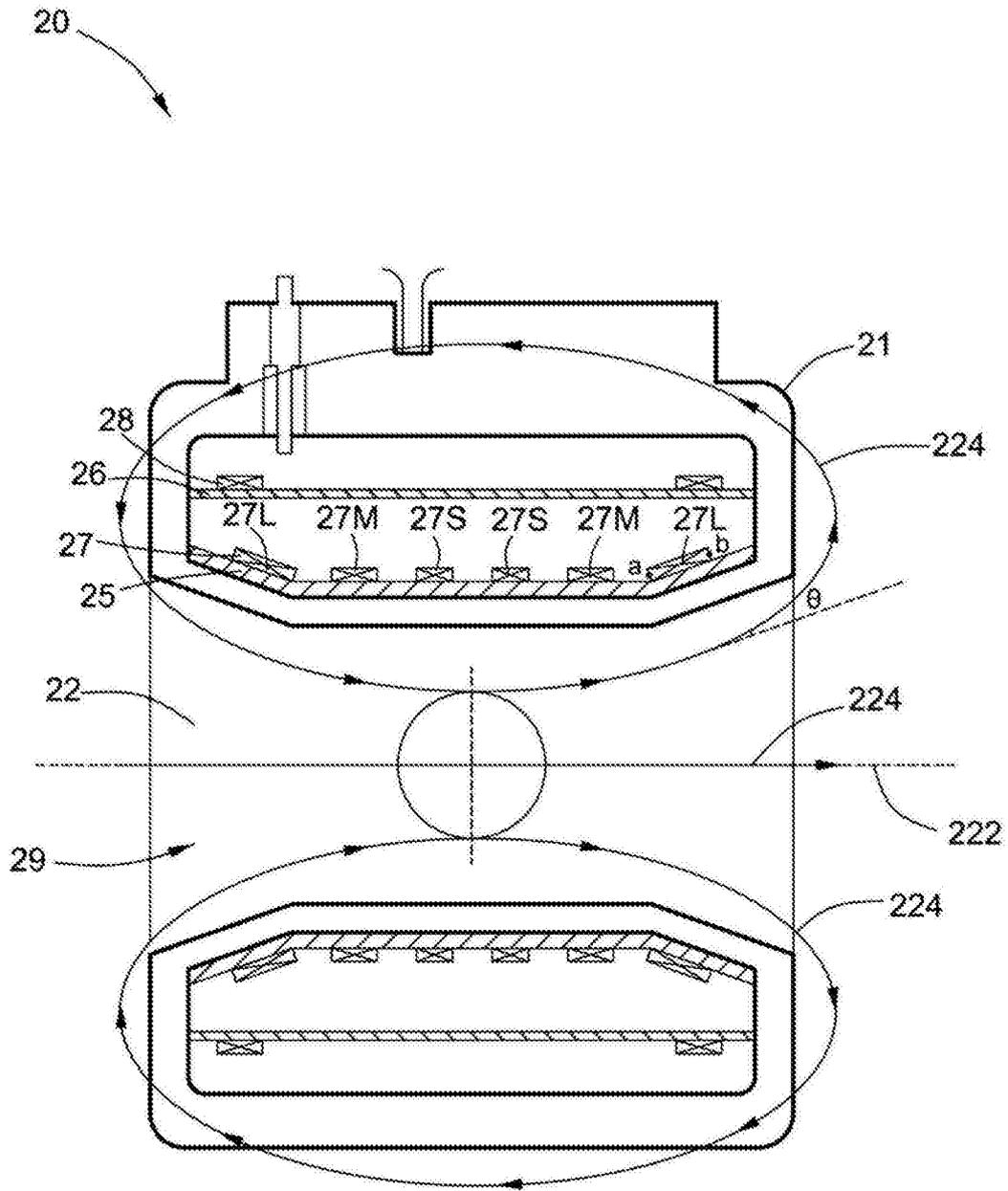


图1

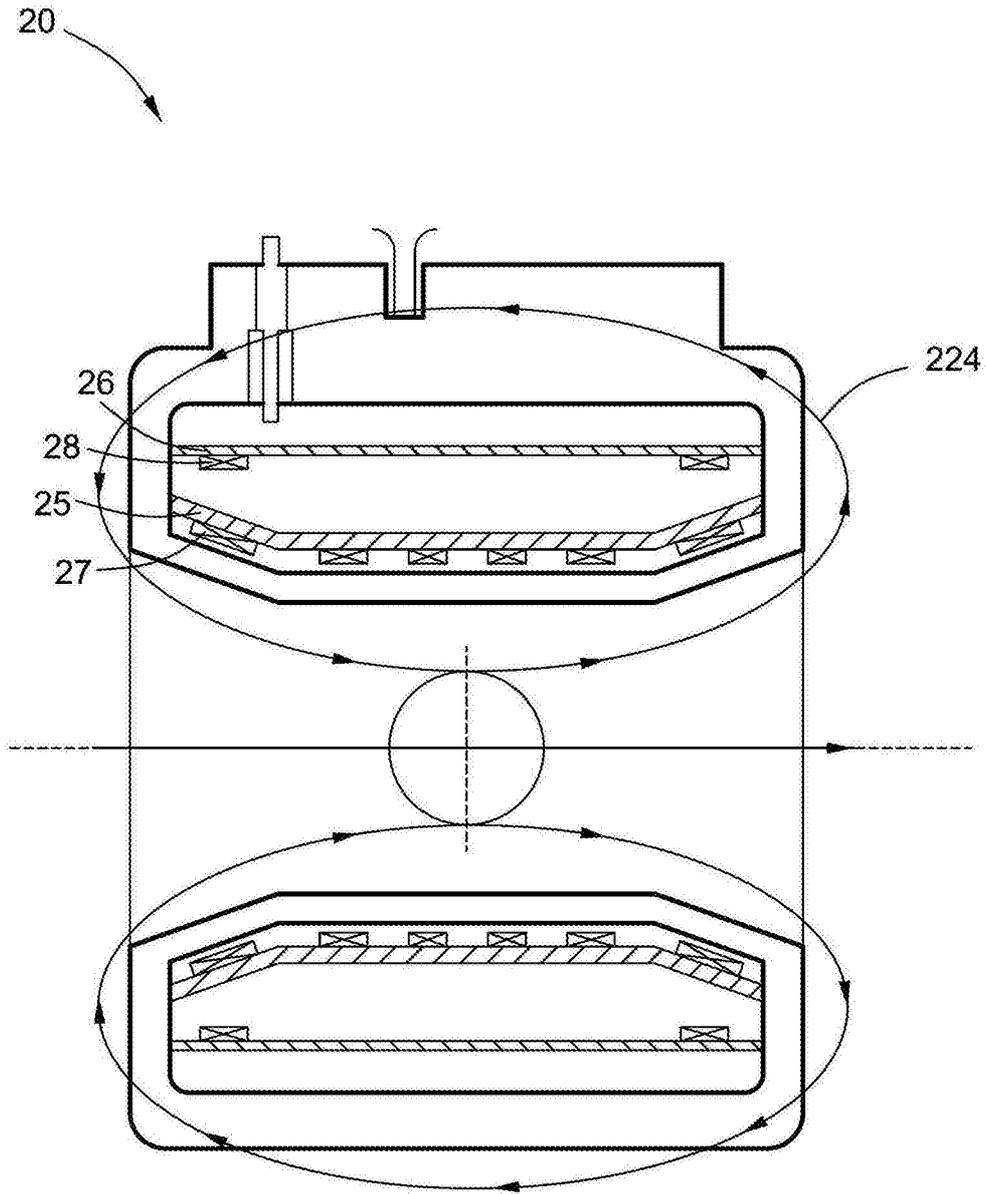


图2

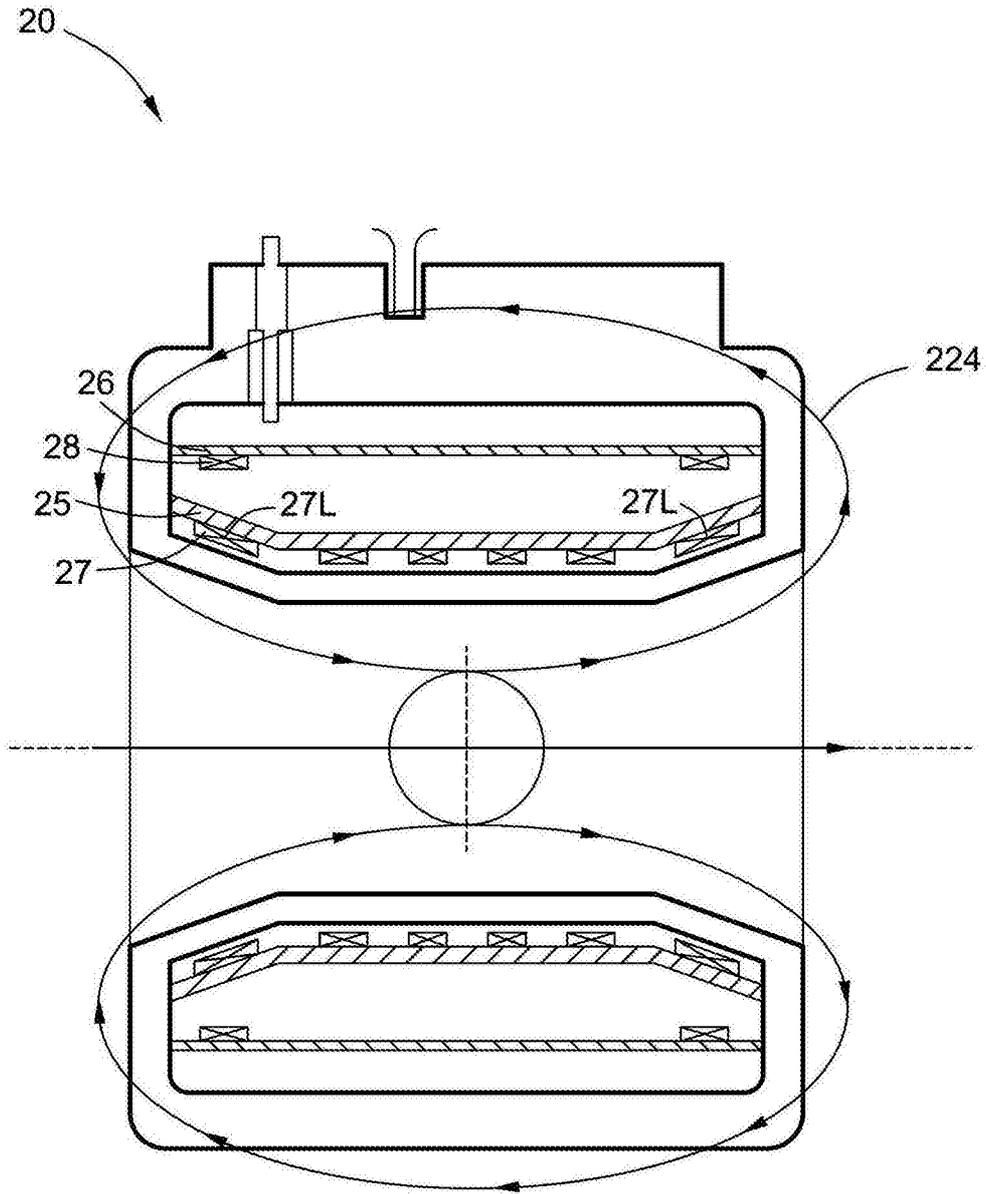


图3

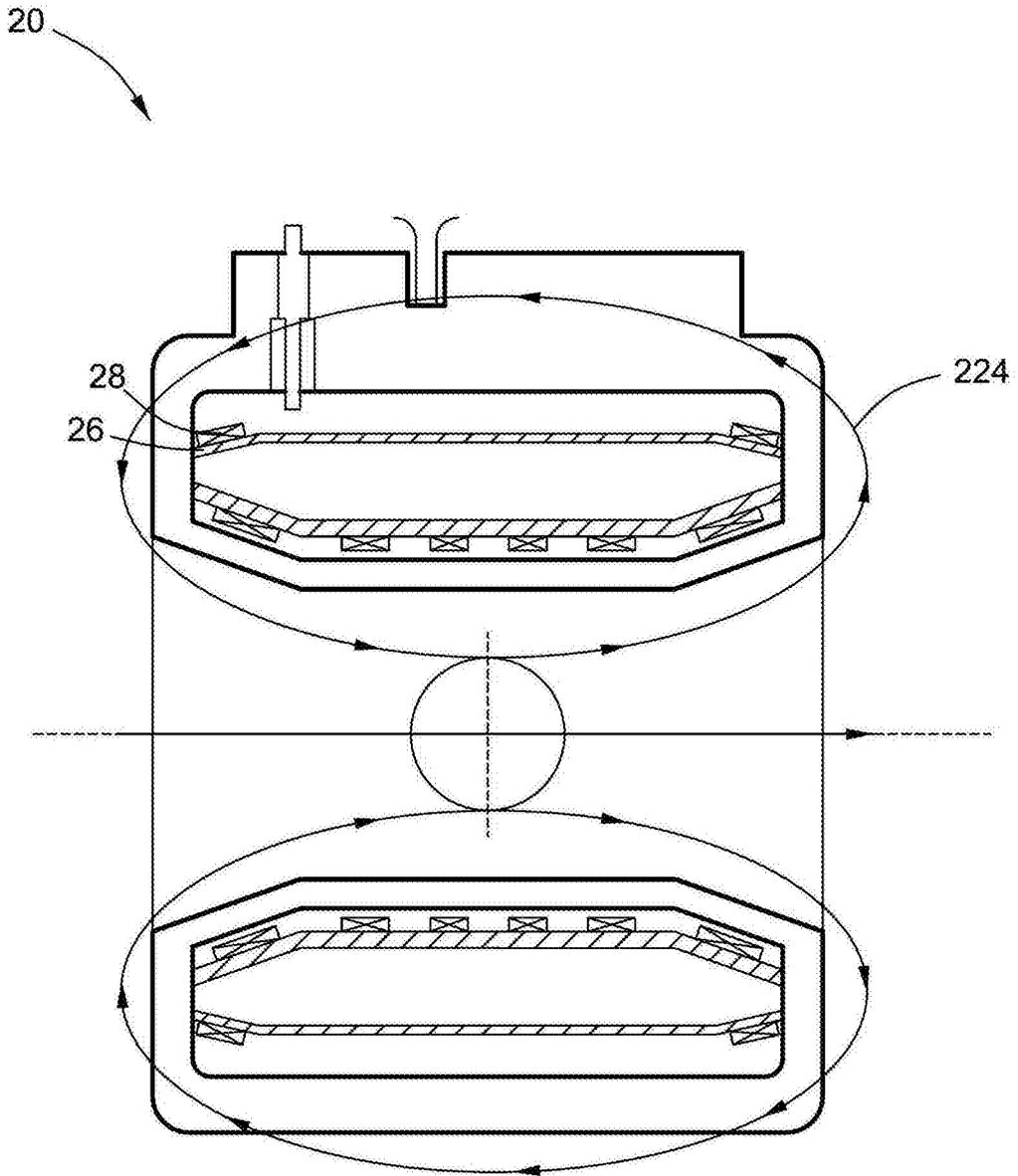


图4

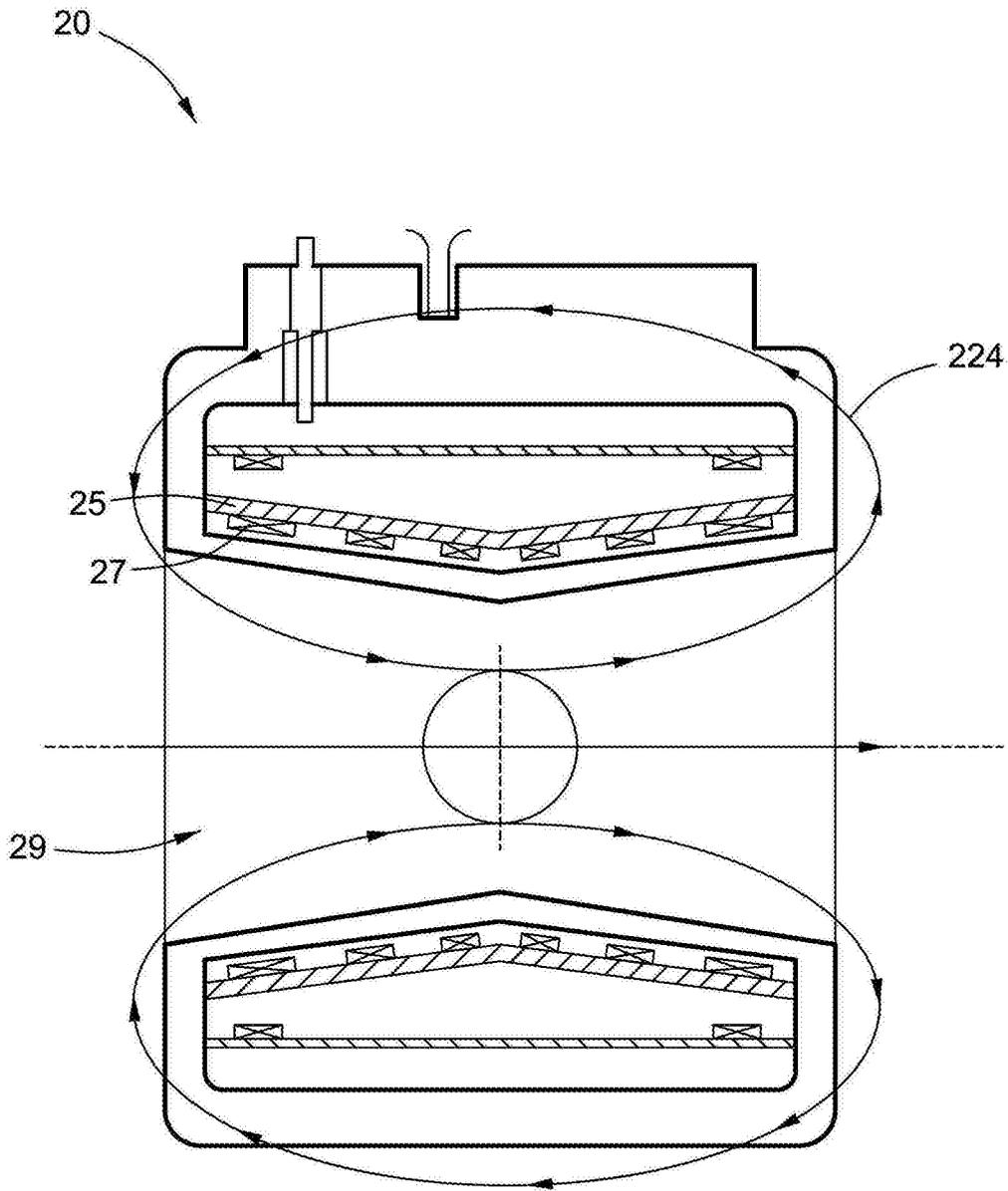


图5

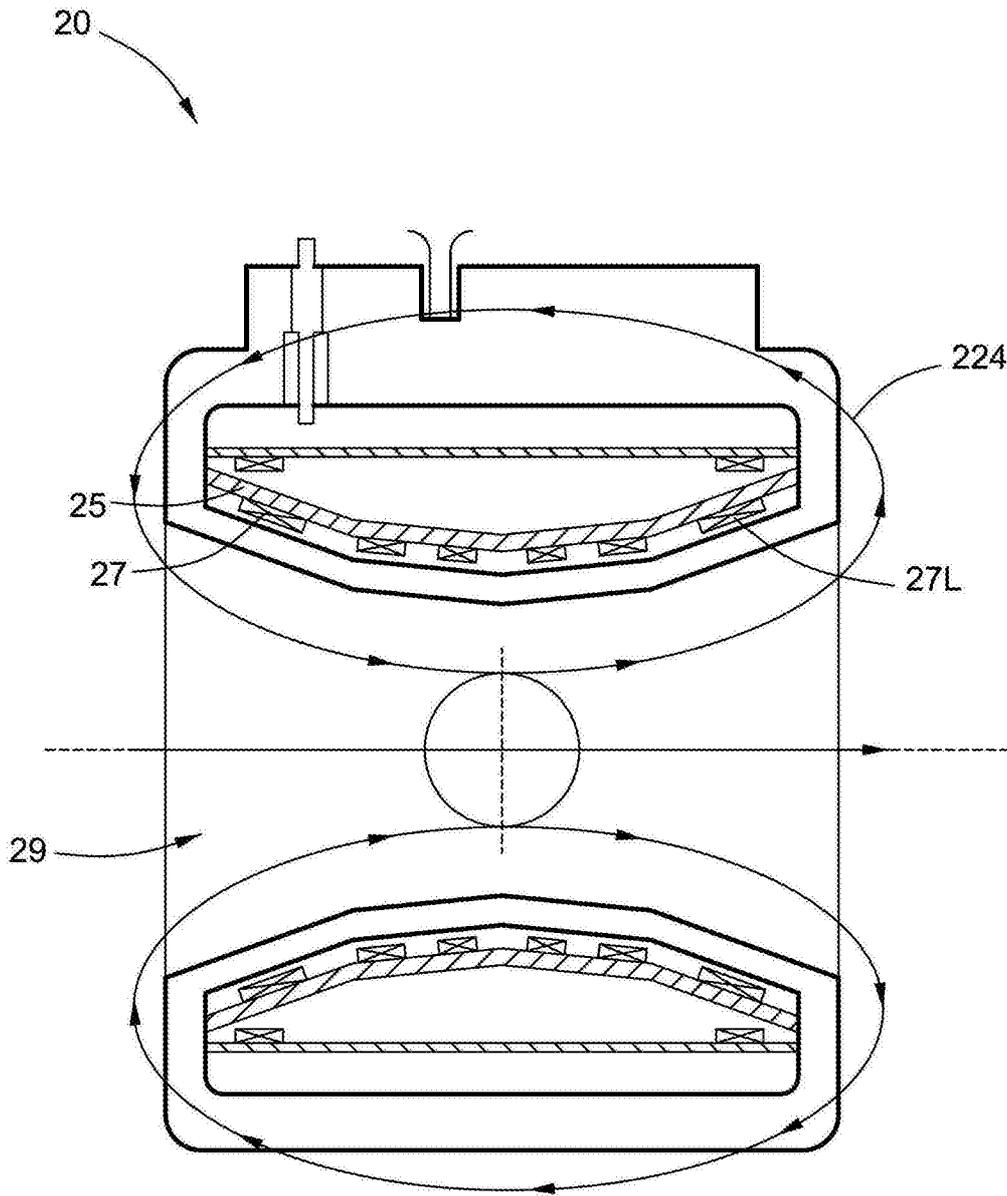


图6

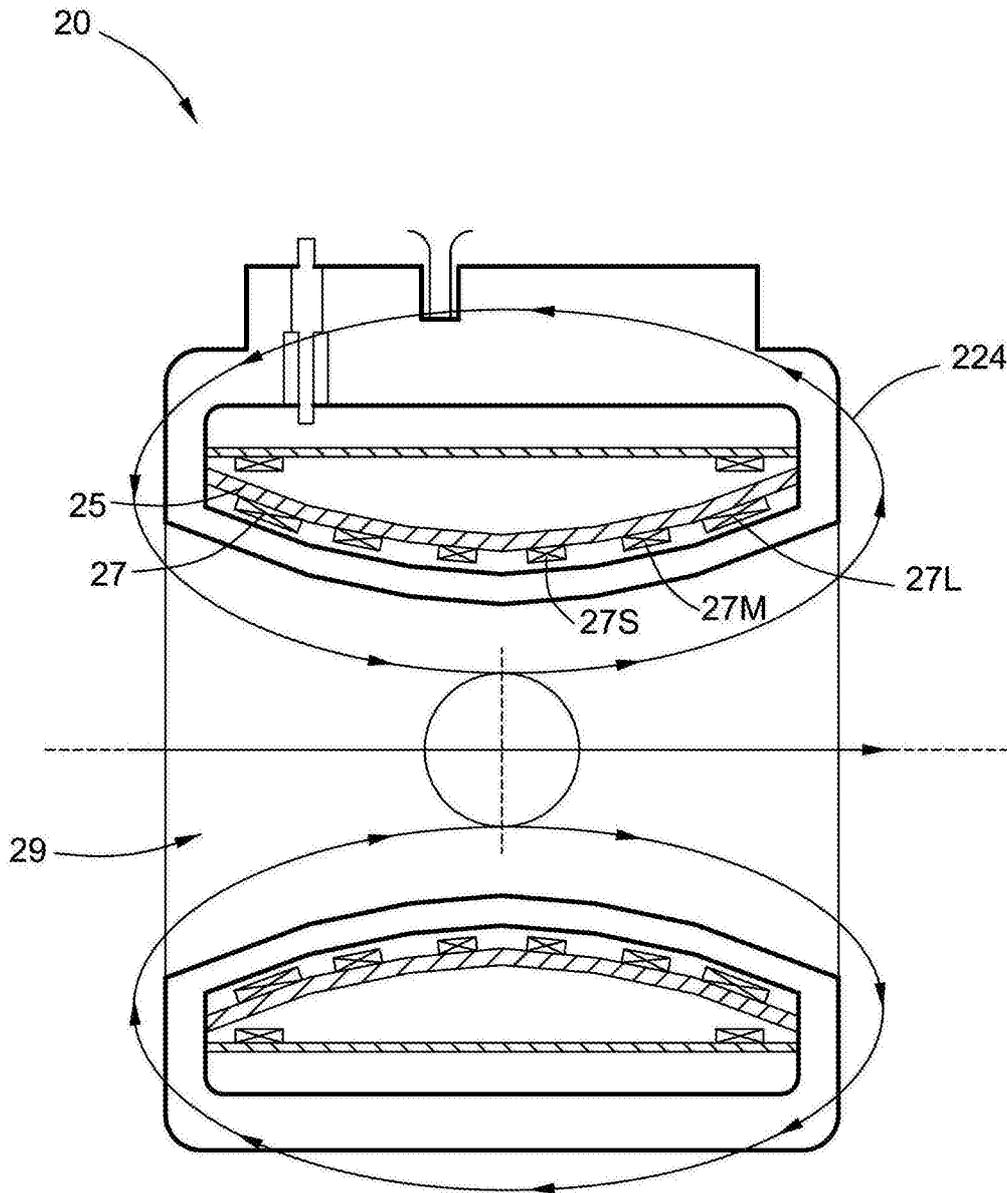


图7

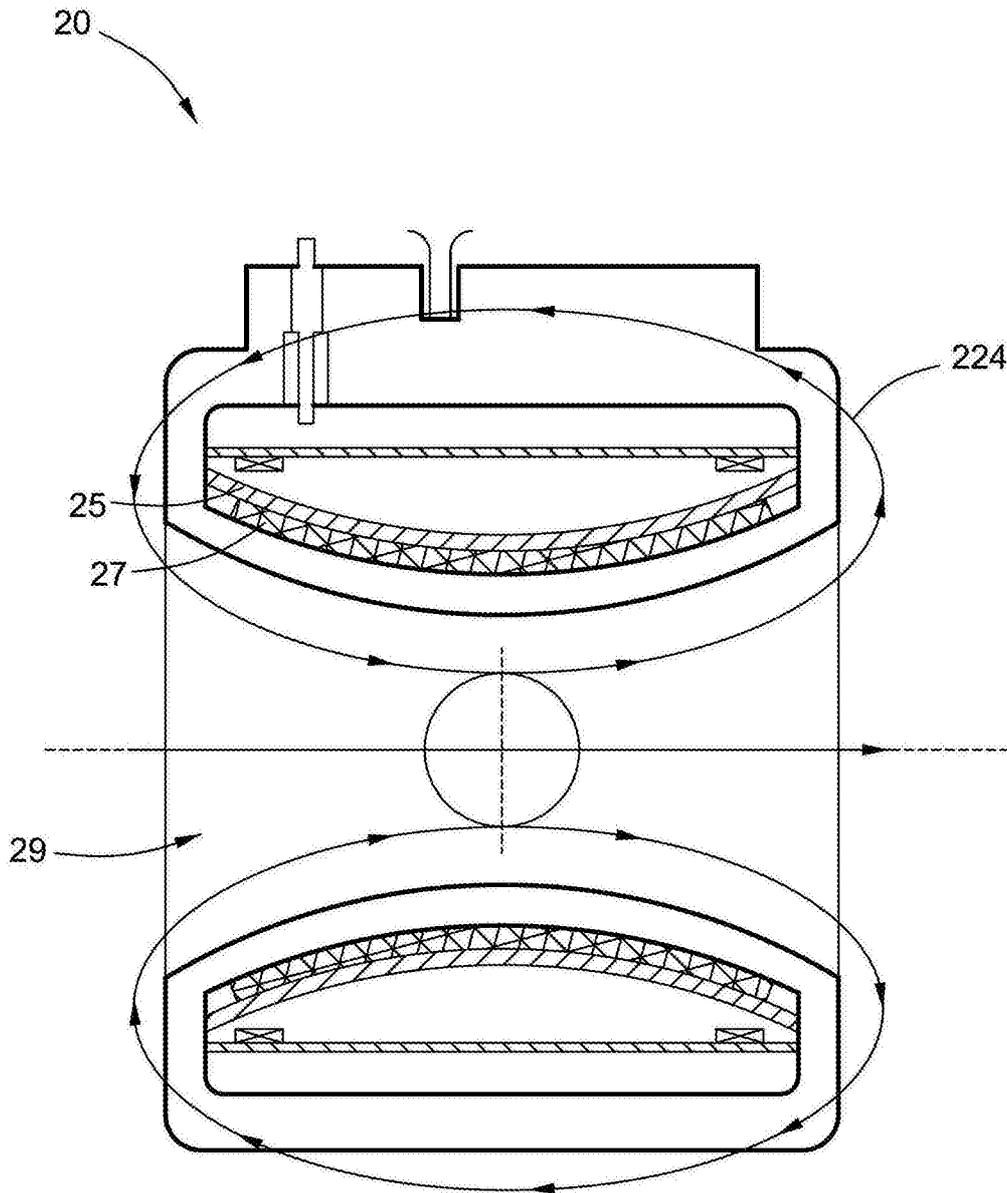


图8

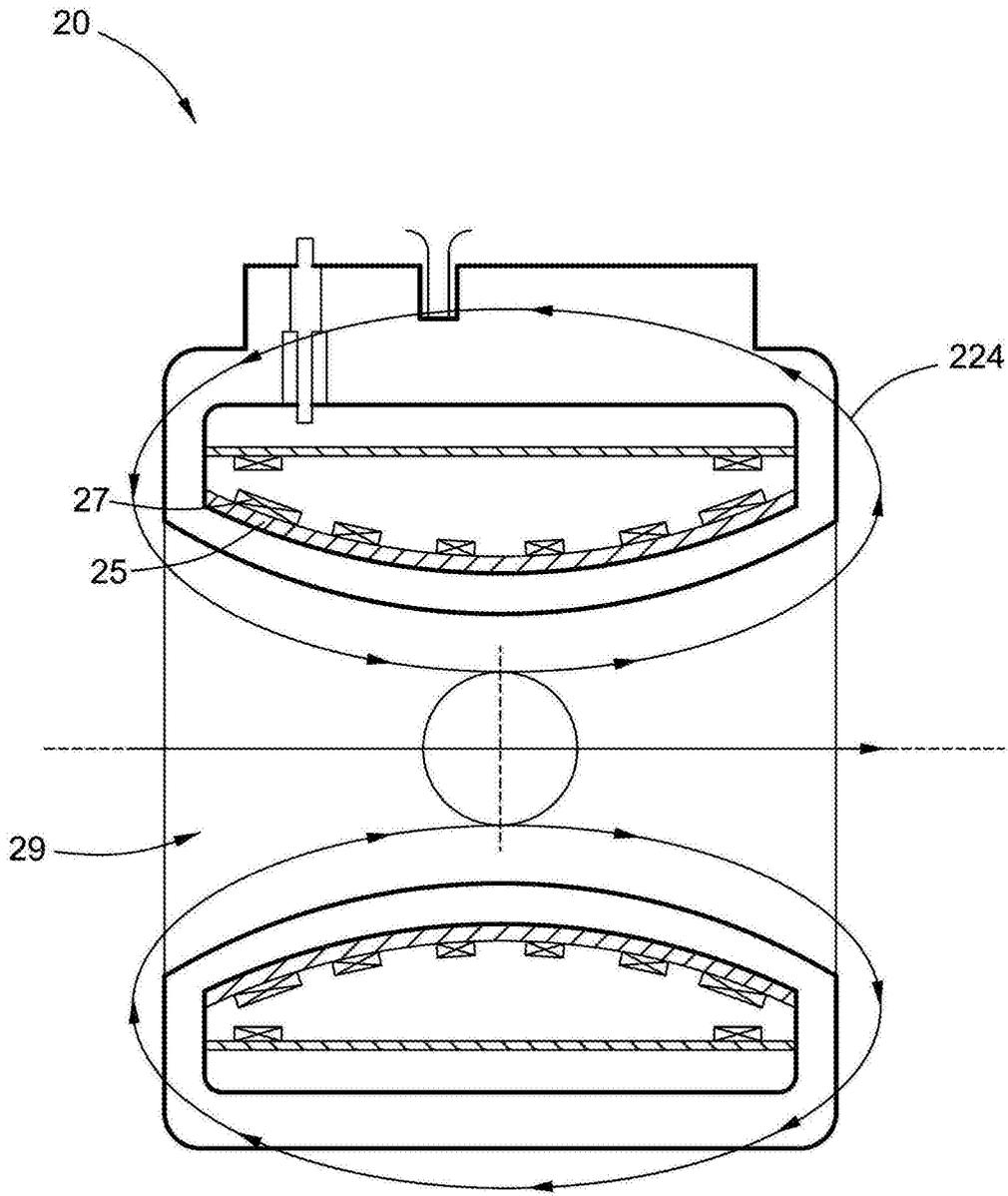


图9

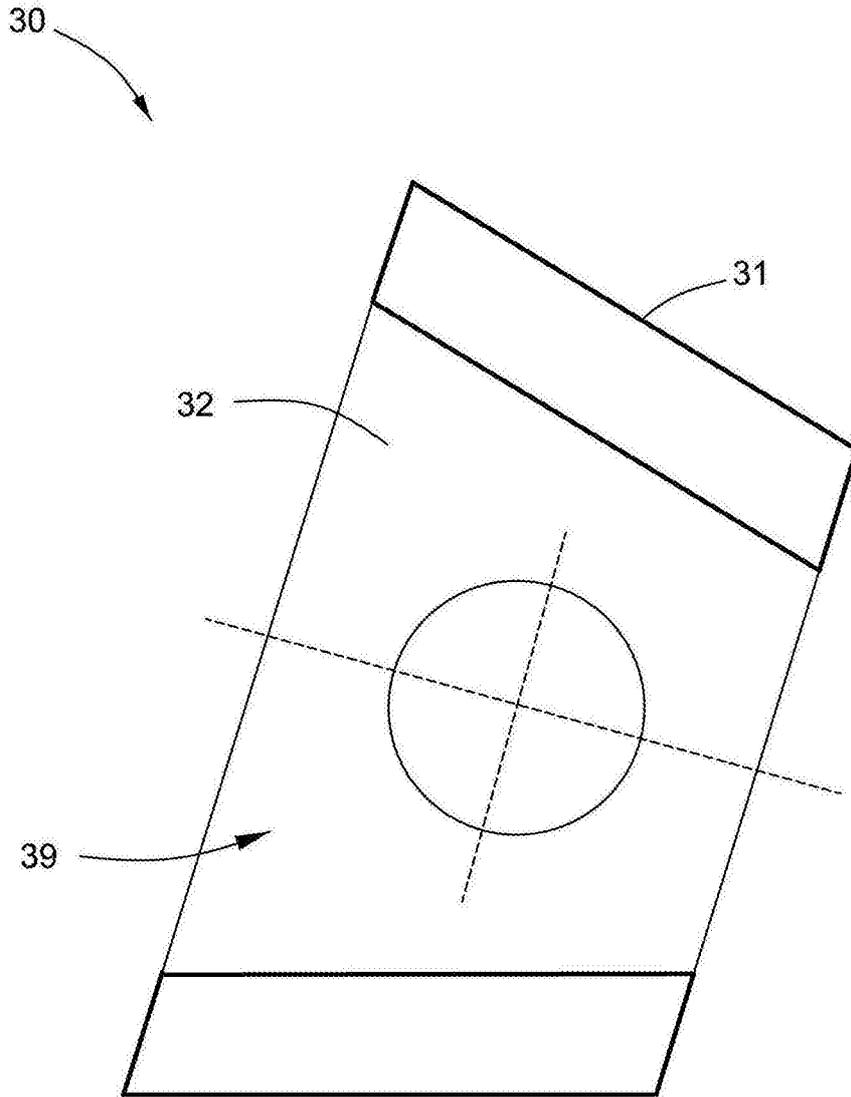


图10

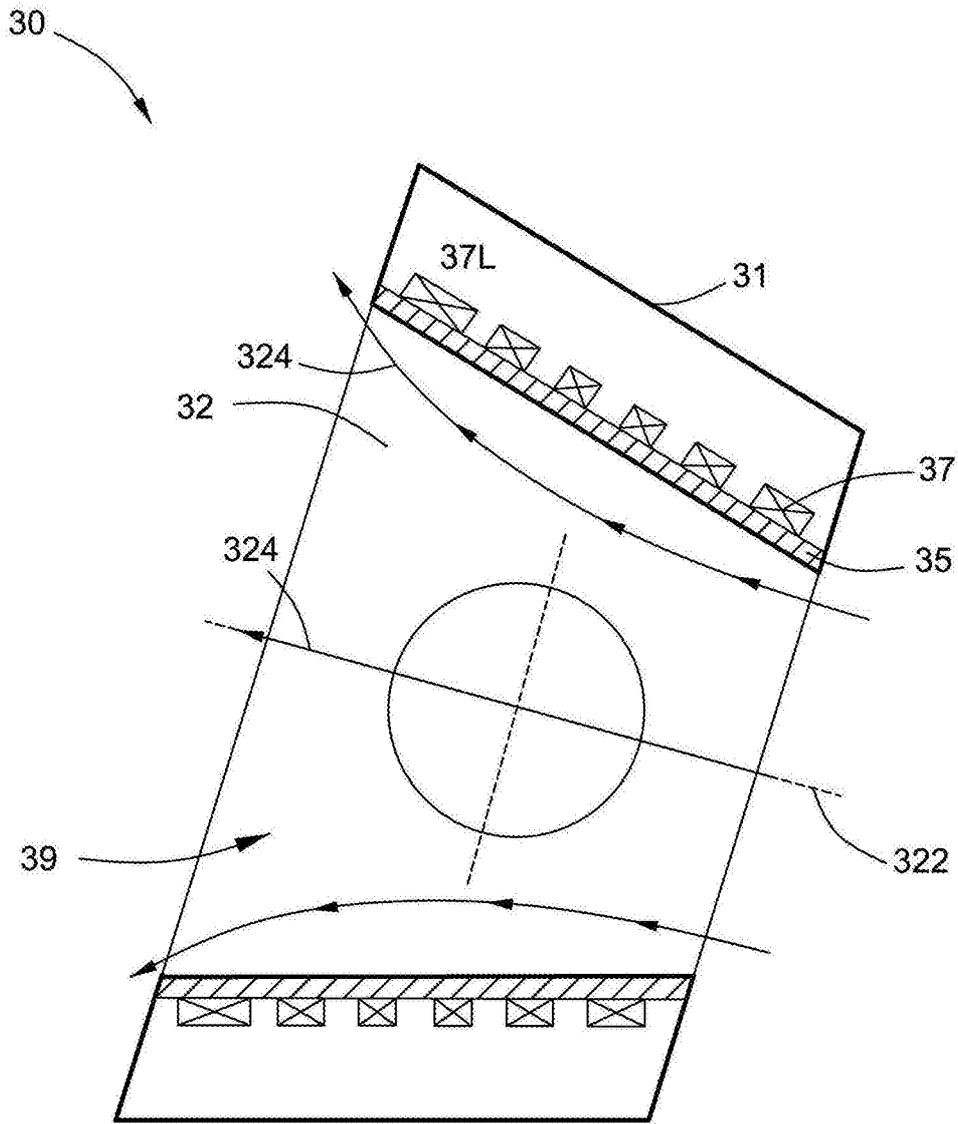


图11

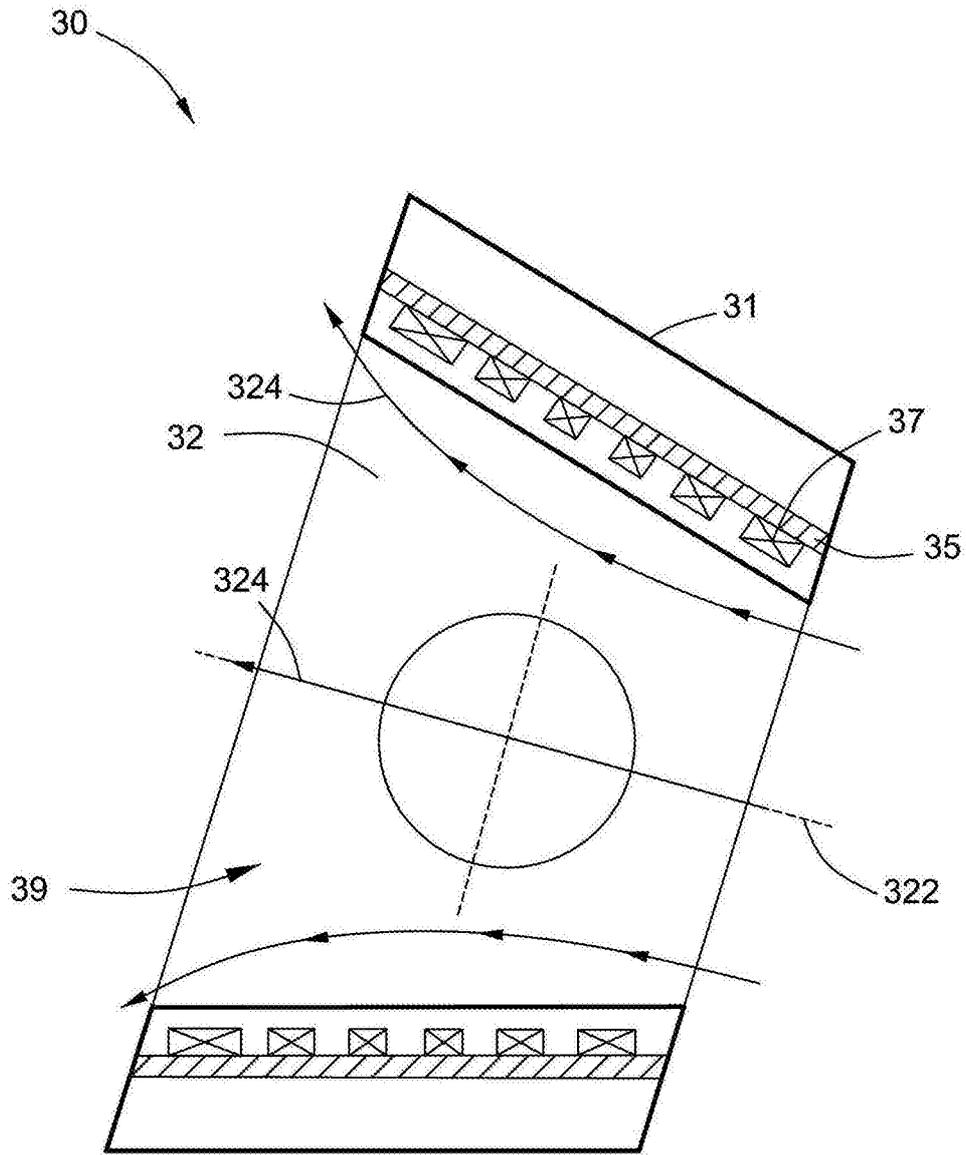


图12

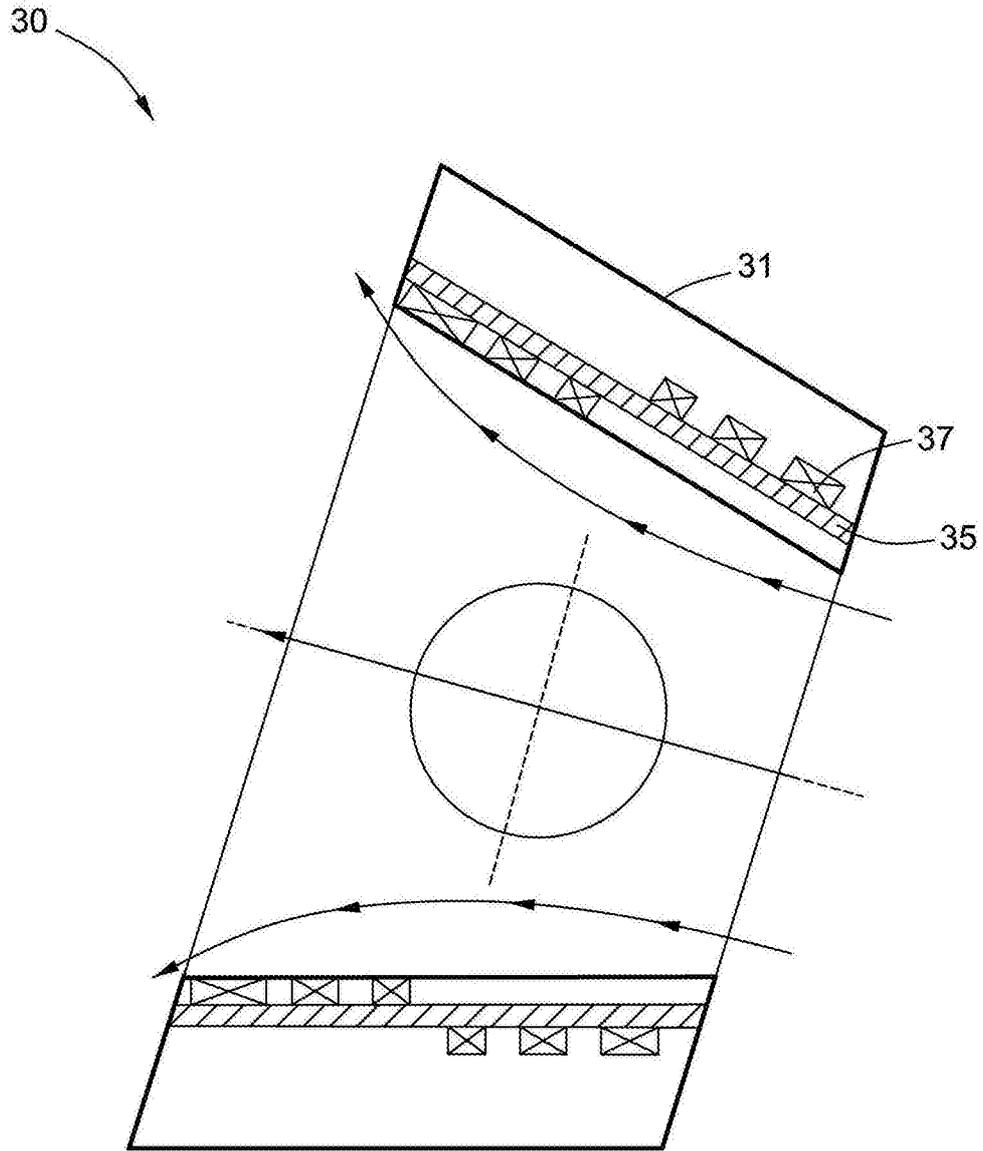


图13