



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104069722 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201410220434. 2

(22) 申请日 2014. 05. 22

(73) 专利权人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38 号

(72) 发明人 高翔 陈景欢 郑成航 骆仲泐
岑可法 倪明江 施正伦 周劲松
吴卫红 付智明 覃睿 王晓纯
俞翼翔 刘丁丁 刘勇

(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224

代理人 胡红娟

(51) Int. Cl.

B01D 53/74(2006. 01)

B01D 53/86(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1235864 A, 1999. 11. 24,

CN 101024148 A, 2007. 08. 29,

CN 203916426 U, 2014. 11. 05,

审查员 唐焕威

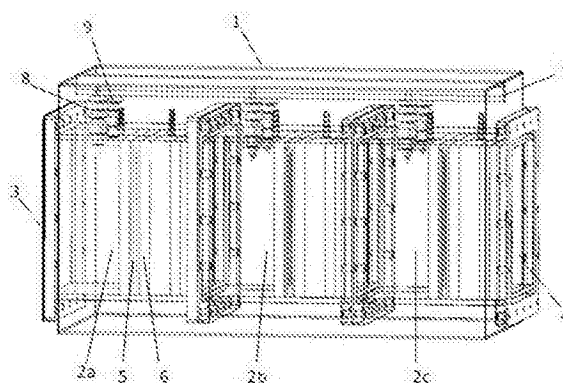
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种三位一体工业源异味废气处理装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种三位一体工业源异味废气处理装置,包括箱体,箱体内设有反应器单元,所述反应器单元的两端分别为废气入口和废气出口,所述反应器单元内设有电极板和负载有催化剂的载体板;所述反应器单元至少一个面透光,箱体内壁与该透光面对应的位置设有紫外光发生器;所述电极板包括间隔布置的电极条,各电极条包括绝缘的介质管和穿设在介质管内的电极丝,相邻电极条的电极丝分别与高压电源和接地端连接。本发明还公开了一种利用等离子体、紫外光催化和化学催化的协同作用处理工业源异味废气的方法,提高定向氧化的能力,将废气中污染物降解为 CO_2 、 H_2O 等产物,同时降低能耗,减少二次污染。



1. 一种三位一体工业源异味废气处理装置,包括箱体,其特征在于:

箱体内设有反应器单元,所述反应器单元的两端分别为废气入口和废气出口,所述反应器单元内设有电极板和负载有催化剂的载体板,所述催化剂包括光催化剂和化学催化剂;

所述反应器单元至少一个面透光,箱体内壁与该透光面对应的位置设有紫外光发生器;

所述电极板包括间隔布置的电极条,各电极条包括绝缘的介质管和穿设在介质管内的电极丝,相邻电极条的电极丝分别与高压电源和接地端连接,所述电极条至少设置有两层平行布置,同一层的电极条相互平行,相邻层的电极条相互垂直,所述电极丝采用直径0.5~10mm的柱状金属丝,电极丝之间的间距为2~50mm。

2. 如权利要求1所述的三位一体工业源异味废气处理装置,其特征在于:所述反应器单元为多个,反应器单元之间及反应器单元与废气入口和废气出口之间均采用法兰连接,法兰之间绝缘密封。

3. 如权利要求1或2所述的三位一体工业源异味废气处理装置,其特征在于:所述反应器单元的壳体各个面均透光,该壳体采用的材料为石英玻璃。

4. 如权利要求1所述的三位一体工业源异味废气处理装置,其特征在于:所述紫外光发生器固定在箱体内壁,位于反应器单元的上方。

5. 如权利要求1所述的三位一体工业源异味废气处理装置,其特征在于:所述介质管采用的材料为石英玻璃、陶瓷、聚四氟乙烯或刚玉。

6. 如权利要求1或4所述的三位一体工业源异味废气处理装置,其特征在于:所述紫外光发生器是功率为20~200W、主波长为200~400nm的紫外光灯。

7. 如权利要求1所述的三位一体工业源异味废气处理装置,其特征在于:所述载体板为蜂窝陶瓷板。

8. 一种三位一体工业源异味废气处理的方法,其特征在于:先将废气除尘后再通入如权利要求1所述的三位一体工业源异味废气处理装置,控制紫外光灯的功率为20~200W、主波长为200~400nm,控制高压电极丝与接地电极丝之间负载电压为5kV~40kV,频率为50~5000Hz,废气在反应器单元内反应后,将废气从废气出口排出。

一种三位一体工业源异味废气处理装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及废气处理领域,特别是涉及一种三位一体工业源异味废气处理装置及方法。

背景技术

[0002] 大多数工厂生产过程中,会产生较多异味废气。恶臭污染已被许多国家认定为仅次于噪声的七大公害之一。恶臭物质主要包括含硫化合物、含氮化合物、烃类化合物和含氧有机物。一定浓度的恶臭物质容易对人体产生较大危害,也会产生臭氧污染,并可经过复杂的光化学反应,形成二次有机气溶胶,造成大气中可吸入颗粒物增多等问题。

[0003] 目前,国内外对工业异味废气的净化方法主要有吸附法、冷凝法、生物法、多级洗池法、热分解、化学催化法和低温等离子体法等。但单独使用以上技术普遍存在处理效果不佳、经济性较低等问题。其中化学催化法对反应条件要求高,从而附属设施多,运行费用高。

[0004] 低温等离子体法具有装置简单、压降低、启停方便、设备紧凑和可在常温常压下工作等优势。例如公开号为CN201147672的中国专利文献公开了一种新型工业废气处理装置,包括箱体,所述箱体内设有均流风管管道、电离放电管、变频电源,均流风管管道的进风端连接箱体上的进风口,出风端连接箱体上的出风口,电离放电管的外电极和内电极的引线连接高压模块及变频电源,所述均流风管管道上横向排列有至少一支电离放电管。通过电离、离解和氧化在工业生产中产生的有机废气分子和有毒有害气体分子,并杀灭废气中的各类细菌。但在等离子体自由基反应过程中,同时产生 O_3 、 NO_x 及纳米尺度气溶胶粒子等有害副产物。

[0005] 现有技术中也有将不同技术进行组合从而实现优势互补的案例,如公开号为CN102728193A的中国专利文献公开了一种工业有机废气低温等离子体集成净化装置,由低温等离子体单元与分子筛吸附/催化单元依次串联组成,并包括相应的连接管道、阀门、引风机及循环风机。其处理方法是有机废气在引风机的作用下,依次经过等离子体单元氧化及分子筛吸附/催化单元吸附处理,分子筛吸附/催化单元中一个分子筛吸附/催化仓室吸附饱和后,该仓室门关闭,有机废气进入另外一个分子筛吸附/催化仓室内吸附净化后排放。但其分子筛吸附/催化单元由蜂窝状分子筛、金属网状及线型电极组装为一体式,设备加工及维护困难,且难以根据不同废气成分加装不同的催化剂,不适用于成分复杂多样的工业废气处理,且设备复杂。

[0006] 公开号为CN102380293A的中国专利文献公开了一种废气处理装置,包括进气装置、低温等离子体反应室、出气装置和光催化装置,所述进气装置和出气装置分别位于低温等离子体反应室的上部和下部,并且分别与低温等离子体反应室的气体入口和气体出口连接,所述出气装置与光催化装置连接。该发明采用低温等离子体与光催化结合的方法处理废气。等离子体反应室通过电晕放电产生低温等离子体进行气体的处理,离开等离子体反应室的气体通过出气装置进入光催化装置,进行进一步的光催化分解。该发明将等离子体和光催化分步反应,无法发挥等离子体和光催化的协同作用。且该装置采用电晕放电,相比

电晕放电,介质阻挡放电具有电子密度高和可在常压下运行的特点,因而具有良好的工业应用前景,特别适用于工业废气的治理。

[0007] 但介质阻挡放电往往需要较高的外施电压,因此对电器设备的要求较高,设备投资大,能耗也较高,因而其推广和使用受到限制。

发明内容

[0008] 本发明提供了一种三位一体工业源异味废气处理装置,将介质阻挡放电与紫外光催化和化学催化有机耦合协同处理三位一体工业源异味废气,节能环保、运行成本低、无二次污染,可适用于不同行业的复杂工况。

[0009] 本发明解决问题的技术方案为:

[0010] 一种三位一体工业源异味废气处理装置,包括箱体,箱体内设有反应器单元,所述反应器单元的两端分别为废气入口和废气出口,所述反应器单元内设有电极板和负载有催化剂的载体板;

[0011] 所述反应器单元至少一个面透光,箱体内壁与该透光面对应的位置设有紫外光发生器;

[0012] 所述电极板包括间隔布置的电极条,各电极条包括绝缘的介质管和穿设在介质管内的电极丝,相邻电极条的电极丝分别与高压电源和接地端连接。

[0013] 本发明的原理是:废气从废气入口进入到反应器单元内,等离子体、紫外光和催化剂同时作用于废气中的污染物,并对污染物进行降解。电极丝之间发生介质阻挡放电,产生等离子体;催化剂能加强放电的强度及均匀性并提高加速电子的分布、产生新的反应物质;同时催化剂在等离子体氛围中活性组分增强,表面吸附过程改善、热激发增强等;在光催化剂环境中,紫外光照射可发生光催化氧化,主要是光活化催化剂产生空穴和 $\cdot\text{OH}$ 自由基,从而进一步氧化有机物分子;而在放电环境中,由于反应体系中引入了电子供体来捕获光生空穴,发生光催化还原,在价带上产生电子,通过光生电子还原有机物。

[0014] 电极条间隔分布在电极板上,电极条之间的间距较小,用局部放电代替全程放电,充分利用局部放电产生的等离子体的活性,为活性粒子的反应提供了足够的空间,避免了反应过程的重复放电而造成的电能损失,相比全程放电降低了能耗,也减少了二次污染。

[0015] 作为优选,所述反应器单元内设有若干依次间隔布置的载体板和电极板。载体板和电极板之间留有间隔便于紫外光照射到载体板和电极板之间的气体,能增加协同处理废气的效果。

[0016] 所述载体板为多孔的非金属板或金属板。考虑到金属的载体板具有导电性,在与电极板一起使用时会有漏电的风险,因此载体板首选非金属板,例如陶瓷板;载体板具有多孔的结构使得气体易于通过载体板。

[0017] 作为优选,所述载体板为蜂窝陶瓷板。蜂窝陶瓷板可以使流过的废气分布均匀,其多孔的结构可以增大催化剂与气体的接触面积,增加催化剂有效反应面积。

[0018] 箱体上设有高压电极接线柱和接地电极接线柱。所述高压电极接线柱和接地电极接线柱的材料为绝缘材料,高压电极丝和接地电极丝分别通过高压电极接线柱和接地电极接线柱连接到箱体外部的高压电源和接地端。

[0019] 作为优选,所述反应器单元为多个,反应器单元之间及反应器单元与废气入口和

废气出口之间均采用法兰连接,法兰之间绝缘密封。

[0020] 由于采用了若干个反应器单元结构,可根据废气浓度和风量增减反应器单元的数量,以改变反应空间长度和极板数目;也可根据不同的废气成分加装不同的催化剂,使反应更有针对性;且当催化剂失活时,可方便更换,当某个反应器单元维修保养时,只需拆卸该反应器单元两端的法兰连接,不影响其他反应器单元工作,操作方便,系统工作稳定性强。

[0021] 作为优选,所述反应器单元的壳体各个面均透光,该壳体采用的材料为石英玻璃。所述反应器单元壳体采用5~30mm石英玻璃制成,能耐受较高电压,且紫外光发生器产生的紫外光能穿透石英玻璃作用于反应器单元内的废气。

[0022] 作为优选,所述紫外光发生器固定在箱体内壁,位于反应器单元的上方。

[0023] 作为优选,所述介质管采用的材料为石英玻璃、陶瓷、聚四氟乙烯或刚玉。所述介质管的管径为0.5~10mm,介质管一方面限制了带电粒子的运动,使微放电成为一个个短促的脉冲,无声放电;另一方面也让微放电均匀稳定地分布在电极表面,大大提高了活化气体分子的几率。

[0024] 本发明所述催化剂的组分可以为Pt、Pd和Au等贵金属,也可以为 MnO_2 、 Co_3O_4 、 Fe_2O_3 、 CeO_2 和 TiO_2 等过渡金属氧化物,还可以为稀土氧化物及稀土氧化物的复合物,以及贵金属和金属氧化物的组合。催化剂的选择根据废气成分而定。例如,废气中含有含氮化合物时,催化剂的组分中应当含有脱硝催化剂,Mn-Ce催化剂就是一种比较好的脱硝催化剂,另外Mn-Ce催化剂也是很好的去甲苯等VOCs的催化剂。

[0025] 以上所述的催化剂的组分中,光催化剂是必须的组分, TiO_2 就是一种比较好的光催化剂。 TiO_2 光照后不发生光腐蚀,耐酸碱性好,化学性质稳定,对生物无毒性,相比其他光催化剂来源也更丰富,因而 TiO_2 是光催化剂的首选。由于光催化剂是必须的,因而可直接将光催化剂 TiO_2 复合到每个蜂窝陶瓷板上,再根据需要在各个蜂窝陶瓷板上负载其他的催化剂。蜂窝陶瓷板的材料中除了含有 TiO_2 还可以含有 Al_2O_3 等金属氧化物。

[0026] 作为优选,所述紫外光发生器是功率为20~200W、主波长为200~400nm的紫外光灯。200~400nm的紫外光可以使有机物分子自身吸收光子后发生光化学反应,被氧化降解。

[0027] 作为优选,所述电极板包括至少两层平行布置的电极条,同一层的电极条相互平行,相邻层的电极条相互垂直。

[0028] 作为优选,所述电极丝采用直径0.5~10mm的柱状金属丝,电极丝之间的间距为2~50mm。同一层相邻的电极丝分别为高压电极丝和接地电极丝,高压电极丝和接地电极丝交替布置。电极丝之间的放电属于窄间隙双介质阻挡放电,电极丝的间距减小,电离所需的电压会相应降低,相比间距较大的电极布置形式,对主反应装置的耐压降低了要求,能耗也降低;同时同一块电极板上的电极丝呈交错分布,气体经过电极丝密布的放电区域时,气体分布更均匀,大大提高了活性粒子的产生几率。

[0029] 一种基于本发明的三位一体工业源异味废气处理装置处理工业异味废气的方法,包括下述步骤:

[0030] (1)使用除尘器对工业异味废气进行过滤除尘;

[0031] (2)将经步骤处理后的废气从废气入口引入反应器单元,控制高压电极丝与接地电极丝之间的负载电压为5kV~40kV,频率为50~5000Hz,紫外光灯的功率为20~200W,废气在反应器单元内发生反应;

[0032] (3)经步骤(2)反应后的气体通过废气出口排出。

[0033] 在反应器单元中,高压电极丝和接地电极丝之间高压放电产生高能电子,这些高能电子与气体分子(如 N_2 , O_2 , H_2O)、原子发生非弹性碰撞后会产生活性粒子(如 N_2^* (*代表激化态分子), $O\cdot$ 和 $\cdot OH$ 等)。活性粒子非常不稳定,通过发出光子和热来释放多余的能量;催化剂能改变放电类型并提高加速电子的分布、产生新的反应物质。加入特定催化剂(Mn-Ce氧化物催化剂等)能够将异味废气定向氧化为 CO_2 、 H_2O 和其他产物,并能催化降解介质阻挡放电及紫外光照射过程中产生的副产物 O_3 等。同时催化剂在等离子体氛围中活性组分增强,表面吸附过程改善、热激发增强等;空气介质中,200~400nm的紫外光可以使有机物分子自身吸收光子后发生光化学反应,被氧化降解。另外紫外光照射可以活化空气中的 O_2 和 H_2O 分子,进而产生氧化性能更强的活性组分(如 $O\cdot$ 、 O_3 、 $\cdot O^{2-}$ 、 $\cdot OH$ 和 $HOO\cdot$ 等),这些活性组分与有机物的反应可导致有机物被降解。同时,在光催化剂 TiO_2 等存在的环境中,紫外光照射可发生光催化氧化,主要是光活化催化剂,产生空穴和 $\cdot OH$ 自由基,从而进一步氧化有机物分子。而在放电环境中,由于反应体系中引入了电子供体来捕获光生空穴,发生光催化还原,在价带上产生电子,通过光生电子还原有机物。三者实现了协同作用的效果。

[0034] 基于本发明的三位一体工业源异味废气处理装置处理工业异味废气的方法,联合介质阻挡放电和紫外光催化及化学催化三种技术,相比单一处理技术,整体反应更高效,整体装置运行成本降低,节省能源,二次污染少,结构紧凑,占地面积小。且由于采用隔板式电极形式,相比全程放电降低了能耗,也减少了二次污染。另外单元式结构的反应器便于根据不同废气成分加装不同催化剂,使反应更有针对性,可适用于不同行业复杂工况的废气处理,且适用于处理高温气体。装置整体降解效率高,经济性好,二次污染少,降解效率达85%时,其单位能耗约为同水平现有技术的十分之一,产物为 CO_2 、 H_2O 、 N_2 等安全产物。

[0035] 本发明的有益效果在于:利用等离子体、紫外光催化和化学催化的协同作用,提高定向氧化的能力,将异味废气最终降解为 CO_2 、 H_2O 和其他产物,进一步增强其处理效果,同时降低能耗,减少二次污染。采用单元式布置的反应器,便于根据废气浓度和风量增减反应器单元数量,变化反应空间长度和电极板数目;也便于根据不同的废气成分加装不同的催化剂,使反应更有针对性,且当催化剂失活时,可方便更换;当某个反应器单元维修保养时,只需拆卸该反应器单元两端的法兰连接,不影响其他反应器单元工作,操作方便,系统工作稳定性强。电极丝之间的放电属于窄间隙双介质阻挡放电,电极丝的间距减小,电离所需的电压会相应降低,相比间距较大的电极布置形式,对主反应装置的耐压降低了要求,能耗也降低。

附图说明

[0036] 图1为一种三位一体工业源异味废气处理装置的示意图;

[0037] 图2为实施例1的电极板的结构示意图;

[0038] 图3为实施例2的电极板的结构示意图

[0039] 图4的图3的A-A剖视图;

[0040] 图5为图3的B-B剖视图;

[0041] 图6为实施例2的电极条排列示意图。

具体实施方式

[0042] 下面结合具体实施例对本发明作进一步说明。

[0043] 实施例1

[0044] 如图1所示,本实施例中,一种三位一体工业源异味废气处理装置包括一个箱体1,箱体1内为三个连通的反应器单元,分别是反应器单元2a、反应器单元2b和反应器单元2c。反应器单元2a和反应器单元2b之间以及反应器单元2b和反应器单元2c之间均采用法兰密封连接。

[0045] 反应器单元的数目可根据废气浓度和气量自由选择,以适用于不同行业的复杂工况。某个反应器单元需要维修保养时,只需拆卸该反应器单元两端的法兰连接,单独将该反应器单元取出来维修或者保养,不影响其他反应器单元的正常工作,操作方便,系统工作稳定性强。

[0046] 反应器单元2a的一端为废气入口3,反应器单元2c的一端为废气出口4。废气从废气入口3进入并依次经过反应器单元2a、反应器单元2b和反应器单元2c,最终从废气出口4排出。

[0047] 反应器单元内安装有电极板5和蜂窝陶瓷板6本实施例中设置了五个蜂窝陶瓷板,蜂窝陶瓷板6的数量可以根据实际情况增减。蜂窝陶瓷板6比表面积大,负载上催化剂后,可以增大催化剂与气体的接触面积,蜂窝陶瓷板6上负载的催化剂的组分包括光催化剂 TiO_2 和其他化学催化剂, TiO_2 一方面光催化性能好,另一方也为多孔结构,可以进一步增大气体的接触面积。光催化剂是必须的,其他催化剂根据实际废气的成分而选择,例如负载脱硝催化剂处理含氮化物的废气等。另外在反应装置的后端负载Mn-Ce催化剂对 O_3 等二次污染物也有较强处理能力,可有效解决二次污染问题。

[0048] 箱体1的内壁安装有紫外光灯7,紫外光灯7处于反应器单元的外部,且紫外光灯7位于反应器单元的上方。为了防止紫外光照射到箱体外部,箱体可以采用铝或者其他不透光材料。

[0049] 反应器单元的壳体为透明的石英玻璃,因而紫外光灯产生的紫外光能照射到反应器单元内部,并产生一系列的反应来处理废气。

[0050] 安装在箱体1内壁并位于紫外光灯7的两侧的是高压电极接线柱8和接地电极接线柱9,而且各个反应器单元的上方都有一对高压电极接线柱和接地电极接线柱。电极板的高压电极丝和接地电极丝分别通过高压电极接线柱和接地电极接线柱连接到箱体外部。高压电极丝连接高压电源,接地电极丝连接接地线。

[0051] 如图2所示,电极板5由电极框10和若干平行排列的电极条11构成,电极条11包括介质管12和穿设在介质管12内的电极丝13。其中电极条11和介质管12的材料均为石英玻璃,电极丝的材料为铜丝、铝丝或者不锈钢丝。相邻电极丝分别连接高压电源和接地线,与高压电源相连的为高压电极丝,与接地线相连的为接地电极丝。高压电极丝和接地电极丝从各自介质管的一端引出,而且方向相反,例如高压电极丝从左侧引出,则接地电极丝从右侧引出,这样设置的好处在于从同一侧引出的是同一类电极丝,用一根导线将该同一类的电极丝连接起来通过高压接线柱或者接地接线柱连接到箱体外。

[0052] 实施例2

[0053] 本实施与实施例1的区别在于电极条的排布不同,如图3所示,电极板14包括若干交叉排布的电极条。如图4、图5和图6所示,电极条15分为两层,电极条包括介质管16和穿着在介质管内的电极丝17,同一层的电极条相互平行,相邻层的电极条相互垂直,电极框上设有插接电极条的插口18,导线19将各个高压电极丝串接起来连接到高压电源,导线20将各个接地电极丝串接起来连接到接地线。

[0054] 应用例1

[0055] 为了说明本发明的装置能达到较好的处理效果,使用实施例1的三位一体工业源异味废气处理装置对含有甲苯10ppm的废气进行了处理,其中电极丝直径为1mm,相邻电极丝的间距为4mm。

[0056] 废气流量为10L/min,选用频率为50Hz的电压来处理,催化剂采用 Mn_3Ce_1 (其中3和1表示摩尔比例关系),紫外灯的功率为20W。

[0057] 当电压大小为10kV时,处理效率是79.7%;当电压大小为12kV时,处理效率为83.4%;当电压为14kV时,处理效率为85.8%;当电压为16kV时,处理效率为92.1%,此时处理后的甲苯浓度为0.8ppm。

[0058] 应用例2

[0059] 为了进一步说明本发明的装置通过电极板的改进能达到更好的处理效果,使用实施例2的三位一体工业源异味废弃处理装置对含有甲苯10ppm的废气进行了处理,其中电极丝直径为1mm,相邻电极丝的间距为4mm。

[0060] 废气流量为10L/min,选用频率为50Hz的电压来处理,催化剂采用 Mn_3Ce_1 (其中3和1表示摩尔比例关系),紫外灯的功率为20W。

[0061] 当电压大小为10kV时,处理效率是84.3%;当电压大小为12kV时,处理效率为88.2%;当电压为14kV时,处理效率为92.9%;当电压为16kV时,处理效率为94.7%,此时处理后的甲苯浓度为0.53ppm。

[0062] 在工业实际应用过程中,本发明的装置可以单独使用,也可以联合多个辅助系统实现自动化控制,例如除尘系统、主反应系统、检测系统、自动控制系统、报警系统和旁路系统等。

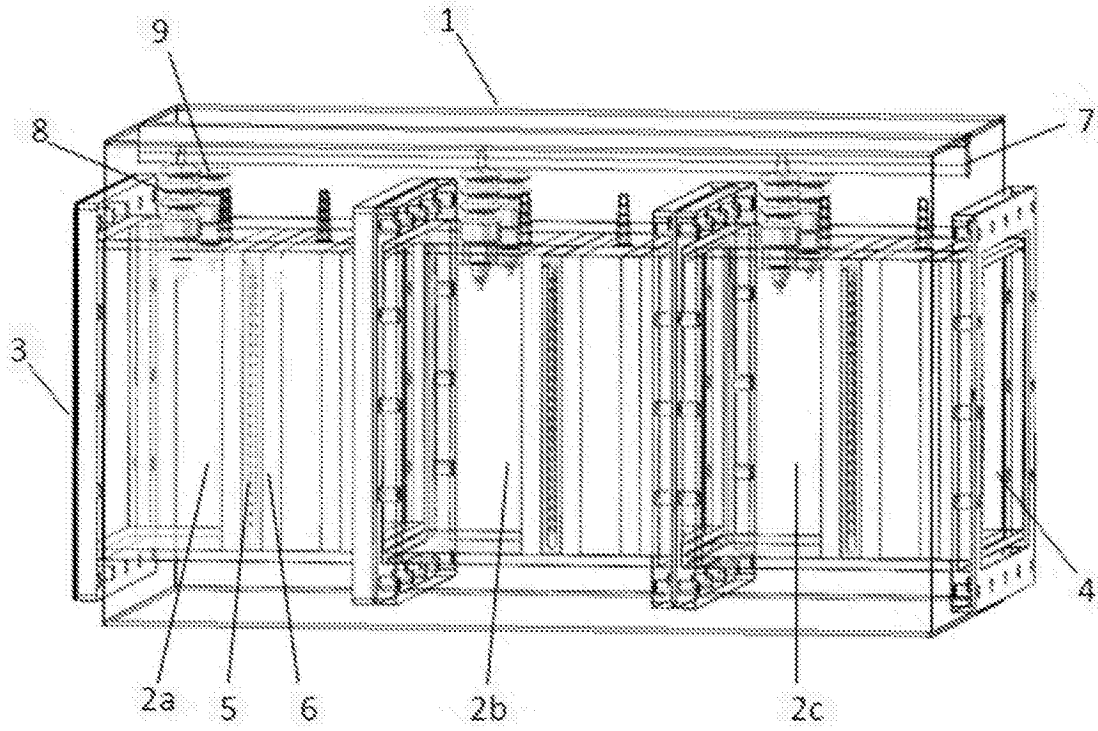


图1

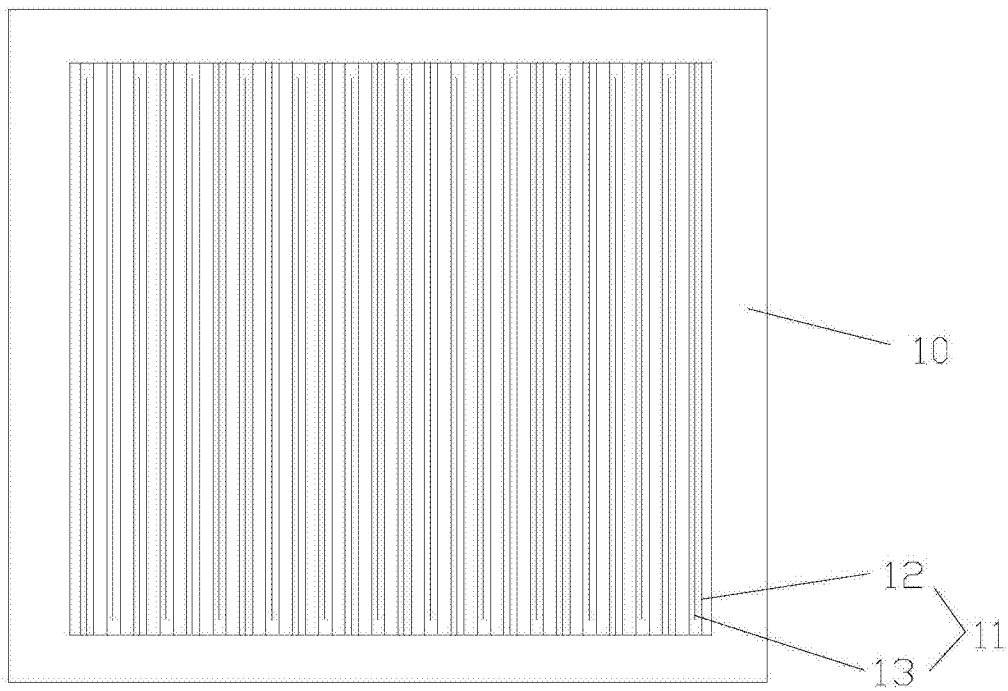


图2

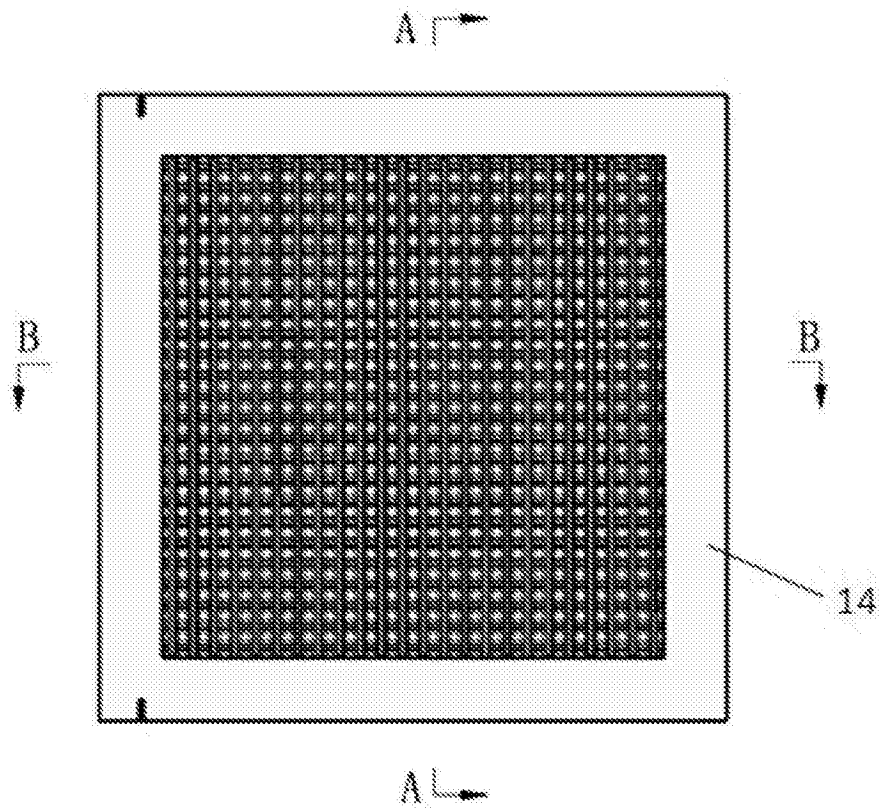


图3

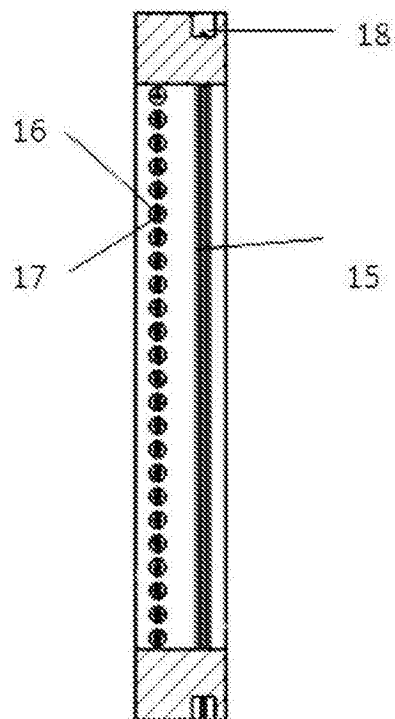


图4

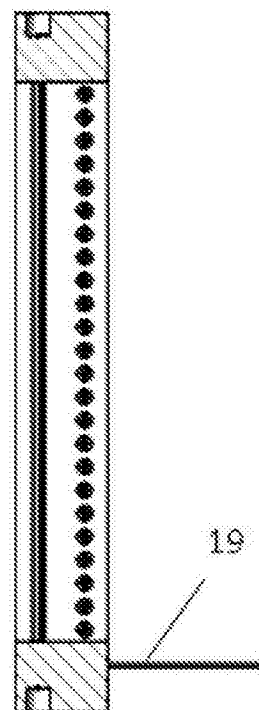


图5

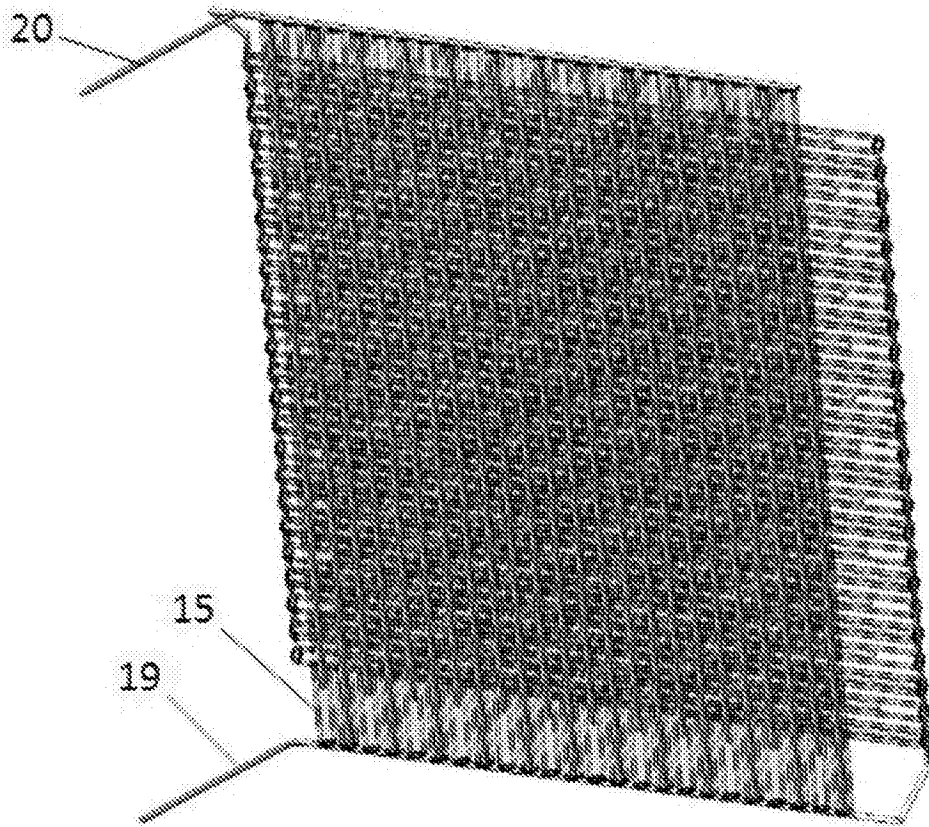


图6