



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102580493 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 12

(21) 申请号 201210045064. 4

(22) 申请日 2012. 02. 27

(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 闫克平 李树然 刘振 冯卫强
王飞飞

(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 53/64 (2006. 01)

B01D 53/18 (2006. 01)

审查员 钱林

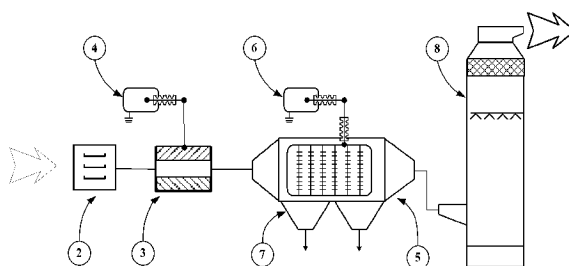
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于放电活化卤族物质的烟气脱汞系统
及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于放电活化卤族物质的烟气脱汞系统和方法,包括依次对烟气进行处理的预处理装置、除尘装置、吸收装置,所述的预处理装置和除尘装置之间设置有卤族物质活化装置,所述的卤族物质活化装置设置有喷嘴、放电反应器。所述的卤族物质活化装置向烟气中注入卤族物质,并通过高压放电活化所述的卤族物质,将烟气中元素态汞转变为氧化态汞以及颗粒态汞后,进行除尘和吸收脱除氧化态汞以及颗粒态汞。本发明能有效利用现有烟道气净化装置,降低脱汞成本,同时提高脱汞、除尘效率。



1. 一种基于放电活化卤族物质的烟气脱汞系统,包括依次对烟气进行处理的预处理装置(2)、除尘装置(5)、吸收装置(8),其特征在于:所述的预处理装置(2)和除尘装置(5)之间设有卤族物质活化装置(3);所述卤族物质活化装置(3)包括:

壳体(18)以及位于所述壳体(18)两端的烟道;所述壳体(18)内设有放电反应器(11),在位于壳体(18)前端的烟道(12a)内设有喷嘴(16);

所述卤族物质活化装置(3)通过喷嘴(16)向烟气中投放卤族物质,使卤族物质与烟气混合,在有氧气体条件下,所述卤族物质活化装置(3)通过高压放电活化卤族物质,使含汞烟气中的元素态汞形成氧化态汞和颗粒附着汞;

所述的卤族物质为卤单质或卤盐;

除尘装置(5)、吸收装置(8)对处理后的含汞烟气进行除尘和吸收脱除氧化态汞和颗粒附着汞。

2. 如权利要求1所述的烟气脱汞系统,其特征在于:所述放电反应器(11)为介质阻挡放电反应器,所述的介质阻挡反应器包括高压极(13)与接地极(14),所述高压极(13)与接地极(14)中间通过介质层(15)隔开。

3. 如权利要求2所述的烟气脱汞系统,其特征在于:所述的介质阻挡放电反应器为板式介质阻挡放电反应器,所述的接地极(14)和介质层(15)及高压极(13)为平板,高压极(13)附着在介质层(15)上,接地极(14)与介质层(15)平行放置,所述接地极(14)与介质层(15)间留有空隙。

4. 如权利要求2所述的烟气脱汞系统,其特征在于:所述的介质阻挡放电反应器为线筒式介质阻挡放电反应器,所述接地极(14)及介质层(15)附着在一起构成通道,所述接地极(14)位于通道的外层,所述介质层(15)位于通道的内层,所述高压极(13)为高压极线,位于所述接地极(14)及介质层(15)构成通道的中轴线处。

5. 如权利要求1所述的烟气脱汞系统,其特征在于:所述放电反应器(11)为电晕放电反应器,由高压极(13)与多个接地极(14)组成,高压极(13)位于接地极(14)之间,所述高压极(13)与接地极(14)之间留有放电间隙。

6. 如权利要求2-5任一项权利要求所述的烟气脱汞系统,其特征在于:所述的放电反应器(11)外接的放电反应器电源(4)为高压电源。

一种基于放电活化卤族物质的烟气脱汞系统和方法

技术领域

[0001] 本发明属于环境保护 / 废气净化技术领域,具体涉及一种通过放电活化卤族物质,将气态汞氧化为易脱除形态并脱除的烟气脱汞系统和方法。

背景技术

[0002] 汞 (Hg) 污染物挥发性高、性质稳定,可以影响人类神经系统、肾功能,同时还会污染土壤和水体。气态中汞具有三种形态:元素汞 Hg^0 (气态),氧化态汞 Hg^{2+} (气态),颗粒附着汞 Hg^p (固态)。 Hg^0 挥发性强,不易溶于水,在工业过程中极难去除,而 Hg^{2+} 和 Hg^p 则能够在烟气出口下游的烟气除尘装置和烟气脱硫装置 (flue gas desulfurization, FGD) 中被去除,化石燃料中的汞元素会伴随其燃烧过程以气相形式排入大气。

[0003] 我国除尘、脱硫、脱硝成套设备齐全,现有烟气净化系统通常包括换热器等预处理装置,以及除尘装置和吸收装置。如图 1 所示烟气从锅炉 1 中排出,依次经过预处理装置 2,除尘装置 5 和吸收装置 8 进行处理。图中除尘装置 5 为电除尘器,在电除尘器中,烟尘、氧化态汞、颗粒态汞均可在高压电晕作用下被荷电收集,从电除尘器灰斗 7 排出。除尘后的烟气再进入吸收装置 8,图中所示为脱硫吸收塔,烟气中残余的氧化态、颗粒态汞在吸收塔中被吸收,与吸收副产物一同被排出。脱汞后的烟气经过除雾器 9,从烟囱 10 排出。可见现有烟气净化系统只能脱除氧化态汞和颗粒附着汞,无法脱除气态元素汞。

[0004] 然而我国燃煤的主要煤种是褐煤,褐煤产生的汞以元素态 Hg^0 为主。因此,目前气态汞的脱除仍以元素汞的形态转化和低价氧化剂的开发为研究重点。如何利用现有烟气除尘系统对气态汞进行有效脱除,提高脱汞效率是目前需要解决的问题。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为解决有效脱除烟气中的气态汞的问题,提供了一种效率高、成本低,利用放电活化卤族物质,氧化并脱除气态汞的烟气脱汞系统和方法,能有效脱除烟气中的汞。

[0006] 一种基于放电活化卤族物质的烟气脱汞系统,包括依次对烟气进行处理的预处理装置、除尘装置、吸收装置,以及设置于所述预处理装置和除尘装置之间的卤族物质活化装置,所述卤族物质活化装置包括有壳体,以及位于所述壳体两端的烟道,所述壳体内设有放电反应器,在所述放电反应器中或位于其前的烟道内设有喷嘴。

[0007] 所述的放电反应器可以采取介质阻挡放电、辉光放电或电晕放电等放电形式;放电反应器连接有高压电源为其供电,所述的高压电源为正、负脉冲高压电源或高频交流高压电源或交直流叠加高压电源或直流叠加正、负脉冲高压电源或直流高压电源。

[0008] 所述的放电反应器采用介质阻挡放电反应器,介质阻挡反应器包括高压极与接地极,所述高压极与接地极中间通过介质层隔开。所述的介质阻挡放电反应器为板板式介质阻挡放电反应器,所述的接地极和介质层及高压极为平板,高压极附着在介质层平板上,接地极平板与介质层平板平行放置,所述接地极平板与介质层平板间留有空隙,供烟气通过

和放电。所述接地极板可以设置为双层,在层内设置冷却管道,布置冷却水或冷却气用来散热。所述的板板式介质阻挡反应器可用于水平、垂直气流等,便于直接在烟道中进行改造。

[0009] 优选地,所述的介质阻挡放电反应器为线筒式介质阻挡放电反应器,所述接地极及介质层附着在一起构成便于烟气通过的通道,所述接地极位于通道的外层,所述介质层位于通道的内层,所述高压极为高压极线,位于所述接地极及介质层构成的通道的中轴线处。所述放电反应器外或介质层中可以设置有冷却管道,布置冷却水或冷却气,用于冷却所述放电反应器。所述线筒式介质阻挡反应器结构紧凑,多用于垂直气流烟道,当气速较高时,也可用于水平气流。

[0010] 所述的放电反应器也可以为电晕放电反应器,由高压极与多个接地极组成,高压极位于接地极之间,高压极与接地极间留有放电间隙,优选的放电间隙为 200mm。

[0011] 一种基于放电活化卤族物质的烟气脱汞方法,包括如下步骤:

[0012] (1) 将卤族物质与含汞烟气混合;

[0013] (2) 在有氧气体条件下,通过高压放电活化卤族物质,使烟气中的元素态汞形成氧化态汞和颗粒附着汞;

[0014] (3) 进行除尘和吸收脱除氧化态汞和颗粒附着汞。

[0015] 本发明活化卤族物质脱汞的原理是:在气体或液体中发生放电时,可以激发高化学活性的自由基($\cdot\text{OH}$ 、 $\cdot\text{H}$ 、 $\cdot\text{O}$ 、 $\cdot\text{N}$ 等)及其他活性物质(O_3 、 H_2O_2 等)。这些活性物质可以进行常规化学技术难以实现的具有工业应用价值的化学反应,从而高效活化卤族物质,将其转化为卤素单质、卤族中间体及原子。活化后的卤族物质易与汞结合,使元素态汞转化为氧化态和颗粒附着态,被下游脱除装置捕集脱除。

[0016] 本发明中采用的高压电压一般为 10kV 以上,电流数十毫安以上,所述的高压放电可以采取介质阻挡放电、辉光放电或电晕放电等放电形式。

[0017] 含汞烟气通过卤族物质活化装置处理后,可以单独采用除尘装置或吸收装置进行进一步脱除,也可以先后被除尘装置和吸收装置脱除。除尘装置可以为电除尘器、过滤式除尘器、湿式除尘器、机械式除尘器或其他除尘设备。吸收装置可以为填料塔、湍球塔、筛板塔、喷洒式吸收器、固定床吸附器、移动床吸附器、沸腾床吸附器或其他吸收/吸附设备。

[0018] 本发明中卤族物质为卤单质、卤盐,如氯单质 Cl_2 、溴单质 Br_2 、碘单质 I_2 、氯化钠 NaCl 、溴化钠 NaBr 、碘化钠 NaI 、溴化钙 CaBr_2 等;注入卤族物质可以为气态、液态、固态或者混合态;

[0019] 本发明中含氧气体为氧气、空气、烟气,或含有 SO_2 、 NH_3 、 NO_x 的气体。

[0020] 本发明所提供的基于放电活化卤族物质的烟气脱汞系统和方法与常规环保技术相比,能够产生如下有益效果:

[0021] 1)、本发明的烟气脱汞系统在现有烟气净化系统中的预处理装置和除尘装置之间设置卤族物质活化装置来有效脱除气态汞,还可以直接对现有烟气管道进行改造,有效利用了现有烟气净化系统,降低脱汞成本;

[0022] 2)、本发明的烟气脱汞方法,通过高压放电活化卤族物质从而将含汞烟气中的气态汞转化为氧化态汞和颗粒态汞并脱除,可以有效脱除含汞烟气中的气态汞,提高了脱汞效率。

附图说明

- [0023] 图 1 为现有技术烟气净化系统示意图；
[0024] 图 2 为本发明基于放电活化卤族物质的烟气脱汞系统结构示意图；
[0025] 图 3 为板板式介质阻挡放电卤族物质活化装置的结构图；
[0026] 图 4 为线筒式介质阻挡放电反应器的结构图；
[0027] 图 5 为电晕放电反应器的结构图。

具体实施方式

[0028] 如图 2 所示,本发明基于放电活化卤族物质的脱汞系统包括依次对烟气进行处理的预处理装置 2、除尘装置 5、吸收装置 8,预处理装置 2 和除尘装置 5 之间设有卤族物质活化装置 3。除尘装置电源 6 为除尘装置 5 供电,除尘装置 5 还设置有除尘灰斗 7。

[0029] 含汞烟气经过换热器等预处理装置 2 后进入卤族物质活化装置 3,卤族物质活化装置 3 向烟气中投加卤族物质,与烟气混合。卤族物质活化装置 3 在含氧气体的条件下,高效活化卤族物质,与烟气中的卤族物质充分混合反应,产生卤素单质、卤素原子等。卤素单质、原子与烟气中的元素态汞结合,形成卤化汞等氧化态汞以及颗粒态汞。随后,烟气进入除尘装置 5,烟尘、氧化态汞、颗粒态汞均可被脱除,从除尘器灰斗 7 排出。除尘后的烟气进入吸收装置 8,烟气中残余的氧化态、颗粒态汞在吸收装置 8 中被吸收,与吸收副产物一同被排出。脱汞后的烟气经过除雾器等后处理装置,从烟囱排出。

[0030] 卤族物质活化装置 3 通过高压放电来高效活化卤族物质,其中放电反应可以采用介质阻挡放电、辉光放电或电晕放电放电形式,本发明的实施例采用介质阻挡放电反应器和电晕放电反应器来对本发明做进一步的说明。

[0031] 如图 3 所示,为本发明板板式介质阻挡放电卤族物质活化装置的结构图,包括壳体 18 以及位于所述壳体 18 两端的烟道 12a 和 12b;在壳体 18 内设有放电反应器 11,在位于放电反应器 11 前的烟道 12a 内设有喷嘴 16。放电反应器电源 4 为放电反应器 11 供电。放电反应器 11 由高压极 13 与接地极 14,以及介质层 15 组成,高压极 13 与接地极 14 中间通过介质层 15 隔开。

[0032] 如图所示的放电反应器 11 为板板式介质阻挡放电器,高压极 13 附着在介质层 15 板上,接地极 14 板与介质层 15 板平行放置,所述接地极 14 板与介质层 15 板间留有空隙,放电间隙优选为 100mm,供烟气通过。还可以设置下部灰斗 17 用于回收卤族物质,同时也可作为储槽使用。但当卤族物质活化装置 3 布置于气路管道内,气体流速较高,也可不布置灰斗。

[0033] 接地极板 14 可设置为双层,在中部设置冷却管道,布置冷却水或冷却气,将接地极板处的冷却部分作为换热器的一部分,降低热量损失。

[0034] 由图中可见,卤族物质活化装置 3 中可以设置多组放电反应器 11 并联、串联或串并联,由多组放电反应器 11 构成放电反应区用来活化卤族物质。

[0035] 含汞烟气由介质阻挡放电反应器 11 前端的烟道 12a 进入卤族物质活化装置 3 后,喷嘴 16 向烟气中喷洒卤族物质。介质阻挡放电反应器 11 进行高压放电,从而高效活化卤族物质,将其转化为卤素单质、卤族中间体及原子。活化后的卤族物质易与汞结合,使元素态汞转化成为氧化态和颗粒附着态汞。随后烟气从介质阻挡放电反应器 11 后端的烟道 12b

排出到下游的除尘和吸收装置脱除氧化态汞、颗粒态汞。

[0036] 如图 4 所示为本发明的放电反应器的又一实施例：线筒式介质阻挡放电反应器，由高压极 13 与接地极 14，以及介质板 15 组成，其中接地极 14 及介质层 15 附着在一起构成便于烟气通过的圆筒通道，高压极 13 为高压极线，位于接地极 14 及介质层 15 构成的圆筒通道中轴线。其中接地极 14 位于通道的外层，介质层 15 位于通道的内层。放电反应器电源 4 为放电反应器 11 供电。由图中可见，卤族物质活化装置 3 中可以设置多组放电反应器 11，由多组放电反应器 11 构成放电反应区用来活化卤族物质。放电反应器 11 外可以设置冷却管道，布置冷却水或冷却气进行冷却，降低热量损失。由于一般气路管道内气体流速约为 10-15m/s，一般无积灰产生，可以不布置灰斗。

[0037] 含汞烟气与卤族物质混合后，进入放电反应器 11 组成的通道，放电反应器进行高压放电，从而高效活化卤族物质，将其转化为卤素单质、卤族中间体及原子。活化后的卤族物质易与汞结合，使元素态汞转化成为氧化态和颗粒附着态汞。经过放电反应器后的烟气排出到下游的除尘和吸收装置脱除氧化态汞、颗粒态汞。

[0038] 这种结构的脱汞装置可以实现氧化 60% 以上的元素汞，能耗水平约 72Wh/m³。出于紧凑布置的目的，也可以将圆筒形改为正六边形等。

[0039] 如图 5 所示为本发明的放电反应器的又一实施例：电晕放电反应器，由高压极 13 与接地极板 14 组成，高压极线 13 位于二接地极板 14 之间，高压极 13 与接地极 14 之间留有放电间隙，优选的放电间隙为 200mm。放电反应器电源 4 为放电反应器 11 供电。由图可见，卤族物质活化装置 3 中可以设置多组放电反应器 11，由多组放电反应器 11 构成放电反应区来活化卤族物质。这种实施方式可以直接对现有烟道进行改造，将高压极 13 与接地极板 14 布置于烟道中。由于一般气路管道内气体流速约为 10-15m/s，一般无积灰产生，可以不布置灰斗。

[0040] 该类型电晕放电反应器一般采取正极性放电，放电峰值电压为 10 ~ 100kV。可以采用短脉冲或直流叠加交流高压电源供电，以获得较好的活化效果。电压上升时间一般为数十纳秒至数十微秒，以采用上述方法处理烟气为例，烟气中汞含量为 13 μg/m³ 时，当向锅炉中投加 Br₂ 浓度超过 4ppm，汞的净脱除率可达 64%，总汞控制率达 80%。

[0041] 本发明可以用于各类锅炉或焚烧炉等的烟气脱汞。

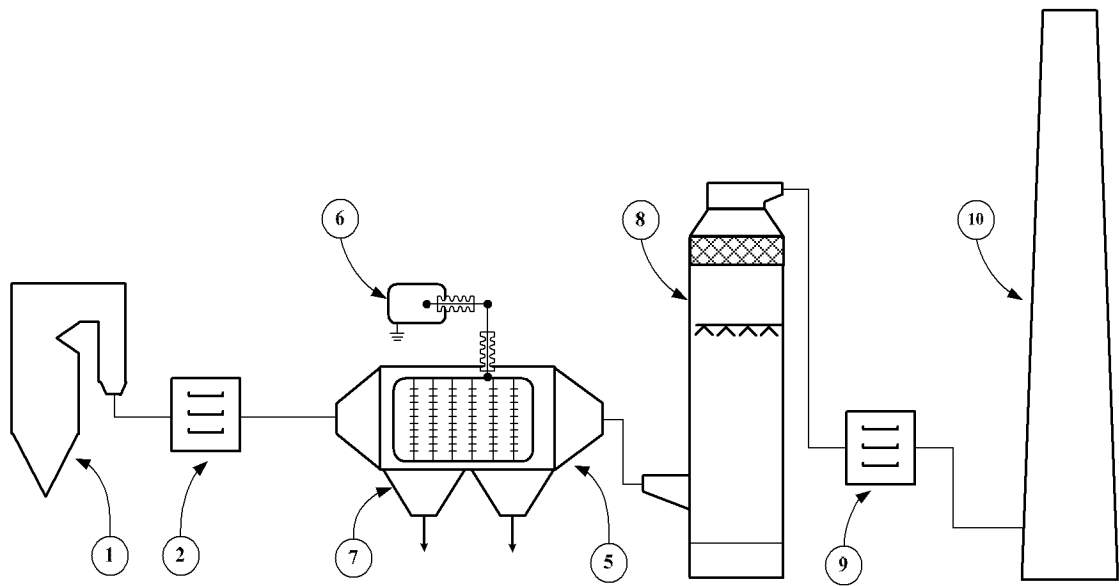


图 1

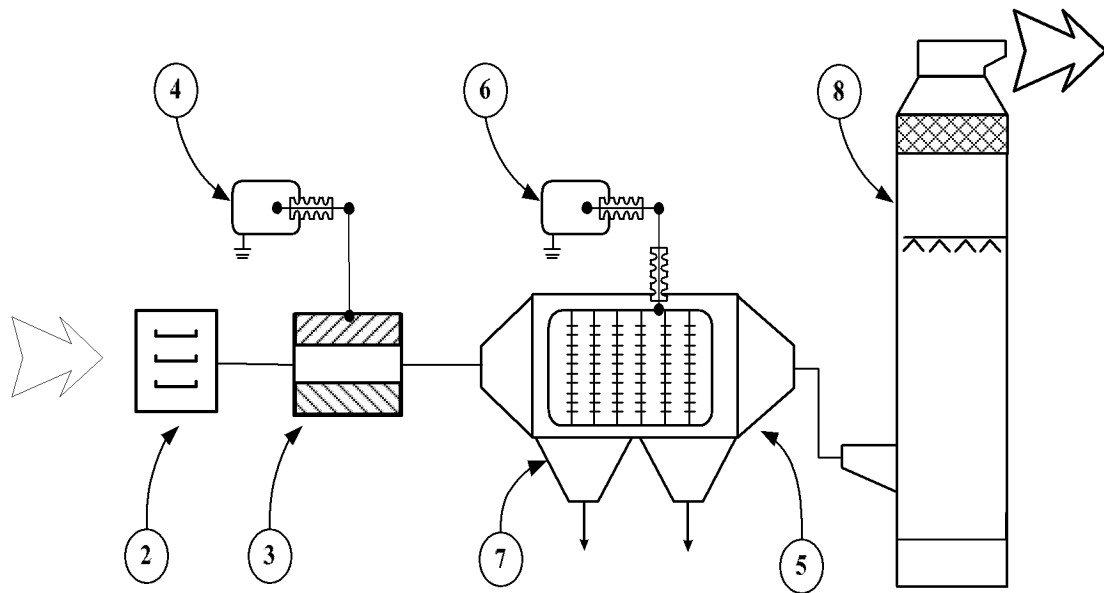


图 2

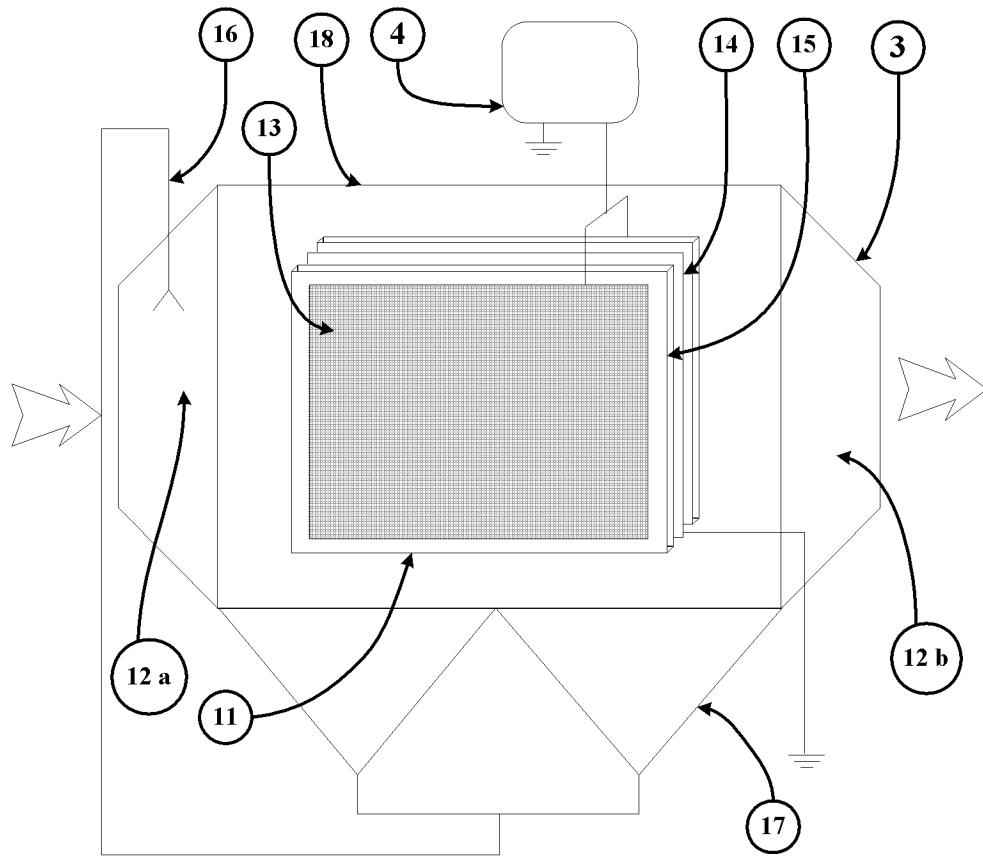


图 3

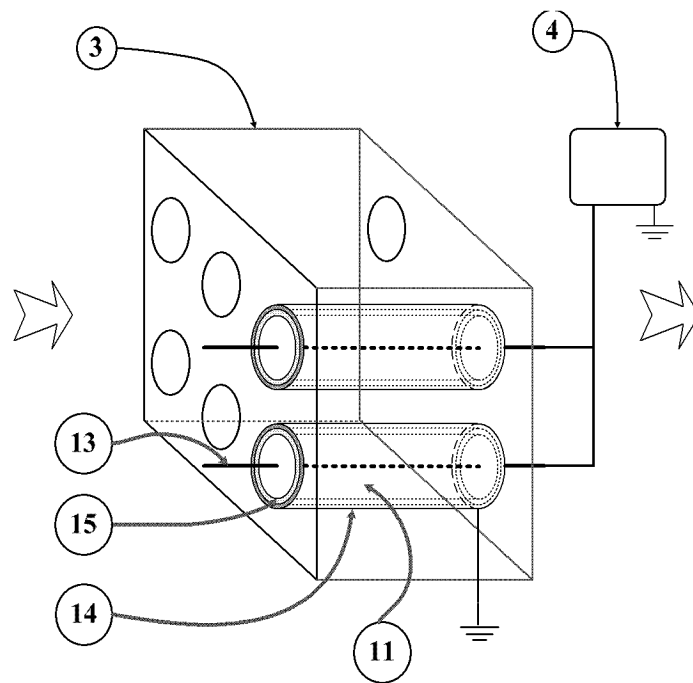


图 4

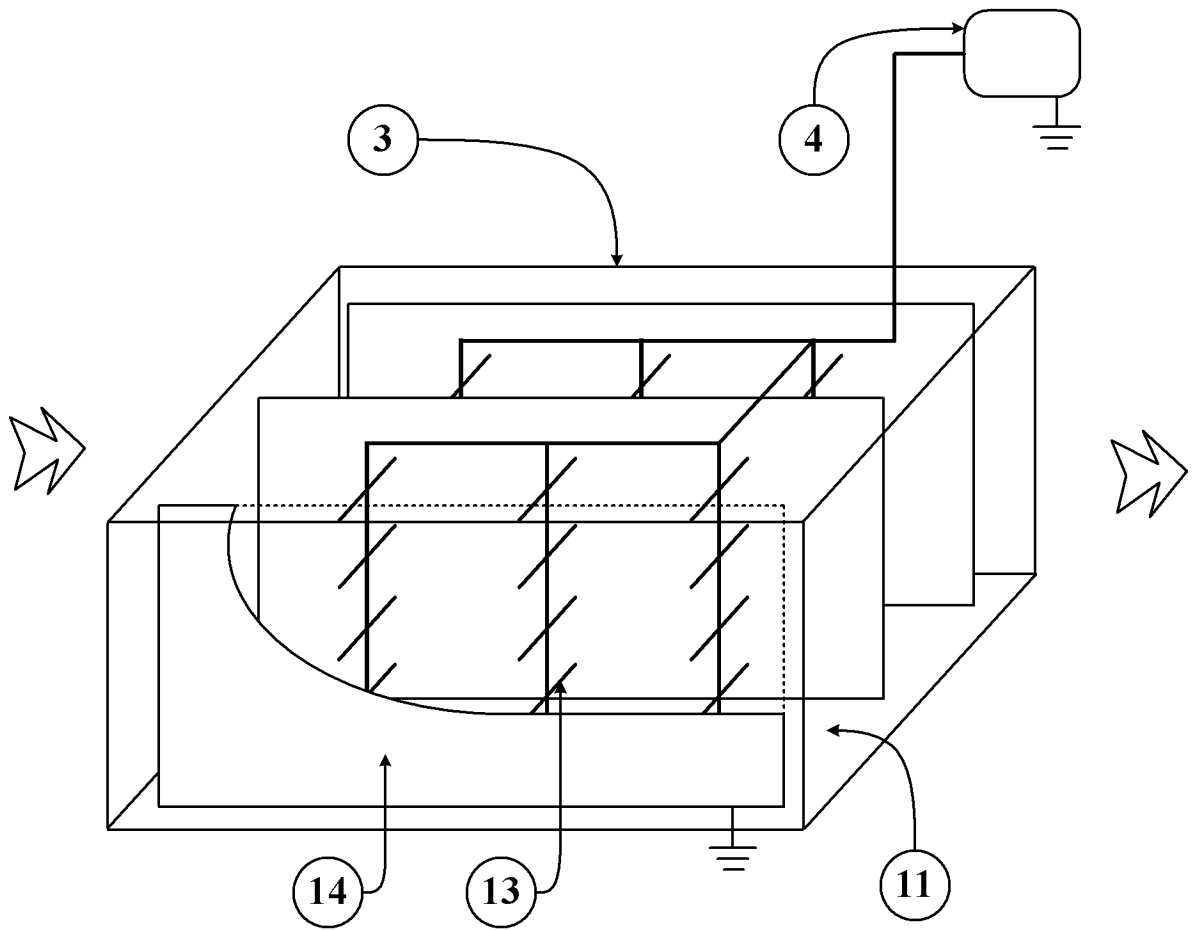


图 5