



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103028316 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 10

(21) 申请号 201110412264. 4

(22) 申请日 2011. 12. 13

(30) 优先权数据

100135156 2011. 09. 29 TW

(71) 申请人 丰映科技股份有限公司

地址 中国台湾台中市

申请人 张荣兴

(72) 发明人 张荣兴

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 宋焰琴

(51) Int. Cl.

B01D 53/76 (2006. 01)

B01D 53/68 (2006. 01)

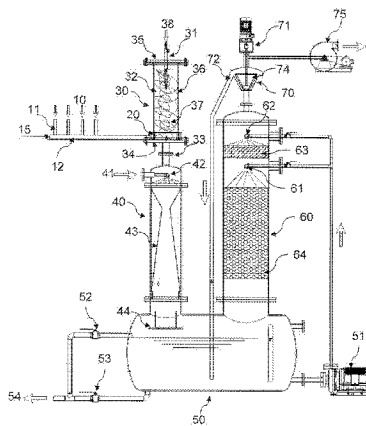
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54) 发明名称

等离子体处理装置以及涡流等离子体反应器

(57) 摘要

本发明公开了一种等离子体处理装置以及涡流等离子体反应器。本发明的等离子体处理装置中,将含有全氟化物的废气利用切线注入涡流等离子体反应器,利用产生的涡流及等离子体火炬引发的逆向涡流,使等离子体火炬的高能电子团能与全氟化物与水分及氧气充分接触并引发快速的化学反应;再利用文氏涤气塔、湿式洗涤塔及一泡沫去除器,将反应所产出的酸性气体、粒状物去除,以达成高破坏去除效率的目的。因此,本发明不需要高能量的电源供应及高温的反应器,就能达成有效且彻底的破坏全氟化物的目的。



1. 一种全氟化物的等离子体处理装置,其特征在于,包括:

一涡流等离子体反应器,其一端设有一等离子体火炬,另一端设有一组气体注入器及一法兰连接口,其中,利用该气体注入器将废气添加水分后以切线方式注入涡流等离子体反应器内形成气旋涡流,废气受到等离子体火炬激发进行化学反应再形成逆向的高速气旋喷流由该法兰连接口排出涡流等离子体反应器,

一文氏涤气塔,连接于涡流等离子体反应器之后,其中,有液体喷嘴用于降温、除酸及去除粒状物,

一湿式洗涤塔,连接于文氏涤气塔之后,其中,有填充材料、除雾器及洗涤液喷嘴,用于去除酸性气体,以及

一泡沫去除器,连接于湿式洗涤塔出口端。

2. 根据权利要求1所述的全氟化物的等离子体处理装置,其特征在于,所述涡流等离子体反应器为圆柱形结构,其长度为内径的1至3倍。

3. 根据权利要求1所述的全氟化物的等离子体处理装置,其特征在于,所述涡流等离子体反应器的出口直径为内径的1/2至1/3。

4. 根据权利要求1所述的全氟化物的等离子体处理装置,其特征在于,所述气体注入器与一废气收集干管相连,该废气收集干管设有多支收集管及一水分注入口。

5. 根据权利要求1所述的全氟化物的等离子体处理装置,其特征在于,所述等离子体火炬是以直流电力供应产生高温等离子体的非传输型直流等离子体火炬。

6. 根据权利要求1所述的全氟化物的等离子体处理装置,其特征在于,所述泡沫去除器利用离心转盘的离心力将泡沫及液滴去除。

7. 一种涡流等离子体反应器,其特征在于,包括:

一等离子体火炬,安装于涡流等离子体反应器的一端,以及

一组气体注入器,安装于涡流等离子体反应器的另一端,其中,利用该气体注入器将废气添加水分后以切线方式注入涡流等离子体反应器中。

8. 根据权利要求7所述的涡流等离子体反应器,其特征在于,所述涡流等离子体反应器为圆柱形结构,其长度为内径的1至3倍。

9. 根据权利要求7所述的涡流等离子体反应器,其特征在于,所述涡流等离子体反应器的出口直径为内径的1/2至1/3。

10. 根据权利要求7所述的涡流等离子体反应器,其特征在于,所述气体注入器与一废气收集干管相连,该废气收集干管设有多支收集管及一水分注入口。

11. 根据权利要求7所述的涡流等离子体反应器,其特征在于,所述等离子体火炬是以直流电力供应产生高温等离子体的非传输型直流等离子体火炬。

等离子体处理装置以及涡流等离子体反应器

技术领域

[0001] 本发明是与半导体产业的全氟化物废气的等离子体处理装置有关,特别是关于一种全氟化物的等离子体处理装置以及应用于该等离子体处理装置的涡流等离子体反应器,其利用全氟化物废气以切线方式注入涡流等离子体反应器内形成强烈的涡流,使全氟化物废气及适量水分与等离子体火炬作用进行高温反应,以彻底破坏废气中的全氟化物。再利用文氏涤气塔、湿式洗涤塔及一泡沫去除器,将反应所产出的酸性气体、粒状物去除,以达成高破坏去除效率的目的。

背景技术

[0002] 半导体工艺广泛地使用 CF_4 、 C_2F_6 、 NF_3 等全氟化合物 (Per-fluorocompound, 简称 PFC) 作为工艺气体,但是这些气体仅有少部分被使用掉,剩余的大部分则当作废气排放,有造成温室效应的疑虑。例如, CF_4 在工艺中大约只使用了 5%、 C_2F_6 大约只使用了 30%、 C_3F_8 大约只使用了 60%、 NF_3 大约只使用了 60%、 CHF_3 大约只使用了 40%、 SF_6 大约只使用了 20%。

[0003] 1997 年“联合国气候变化纲要公约京都议定书”中,通过管制二氧化碳 CO_2 、甲烷 CH_4 、氧化亚氮 N_2O 、六氟化硫 SF_6 、氢氟碳化物 HFCs 及全氟化物 PFCs 等六种主要温室气体的具体减量方案及时刻表。在这六种主要管制温室气体中, SF_6 、HFCs 及 PFCs 等主要为人造的温室气体成分;虽然 HFCs 及 PFCs 不会耗损臭氧层,但都为强效温室气体,具有很高的全球温暖化潜势指数值 (Global Warming Potential, 简称 GWP),具有极长的生命周期,例如, CF_4 的生命周期可达 50,000 年、 C_2F_6 的生命周期可达 10,000 年、 SF_6 的生命周期可达 3,200 年、 C_3F_8 的生命周期可达 2,600 年、 NF_3 的生命周期可达 740 年、 CHF_3 的生命周期可达 270 年、 CH_2F_2 的生命周期可达 4.9 年。这些氟化合物都能停留在大气层中相当长的时间,且在大气中的累积效应为不可逆的。由于半导体设备元件的制造技术日趋精密,促使全氟化物的使用量也随着半导体工艺的进步快速增长,因此,产业界迫切需要更有效率的管制与处理技术、采用崭新的 PFCs 废气处理系统,以适应未来更加严格的废气排放标准,避免环境公害的产生。

[0004] 传统上 PFCs 及 HFCs 的处理,以燃烧法最为有效,但因担心燃烧控制不当会有衍生火灾的风险,于是有改用电热法处理的例子;但是电热法因受操作温度及流场分布控制不易的影响,处理效率通常只能达到 90% 以下,难以达成符合严格的废气排放标准的要求。

[0005] 使用等离子体火炬的专利,也仅考虑片面的解决方案,例如,中国台湾新型专利申请 (申请案号 091209744),提出一种全氟化物废气等离子体处理装置,如图 1 所示,等离子体反应器 110 包括废气进口 111、等离子体火炬 112、反应室 113 三部分,其特征是引入废气与高温等离子体火炬 112 直接作用,再进入反应室 113 内处理,其中该反应室 113 内部是以耐火隔热材料构筑而成,在等离子体火炬 112 加热下,可形成高温环境。并在反应室出口处设置一喷水器组 120,废气经过喷水器组 120 降温后,再引入一湿式洗涤塔 150 处理后予以排放,此一湿式洗涤塔 150 的循环用水由一水槽 130 供应。当废气来源所提供的全氟化物

废气静压不足时,湿式洗涤塔 150 后端加置一排风机 (ID Fan) 160 以补足静压,顺利排出设计的风量值。

[0006] 这种传统的做法因为在离开等离子体火炬 112 接触后,需要利用独立的反应室 113 内进行反应,因此,等离子体火炬 112 必须提供足够维持高温(例如 1,000℃)的能量,且反应室 113 内部必须以耐火断热材料构筑而成,在等离子体火炬加热下,形成高温环境,才能让独立的反应室 113 维持具有破坏全氟化物废气的能力。而且,在高温独立的反应室 113 进行反应后,直接以喷水器组 120 加水冷却然后利用湿式洗涤塔 150 洗涤,此时,也需要提供足够的冷能,才能将气体冷却以利进行洗涤;否则,湿式洗涤塔 150 的洗涤效能将大受影响。此外,以往的专利并无适当措施可以将随着湿式洗涤塔 150 出口全氟化物废气排出的飞沫去除,这种情形在低压操作条件时更为严重,也将使得管线及下游设备遭受粒状物污染的困扰。

[0007] 本发明的全氟化物的等离子体处理装置则采用涡流等离子体反应器,将含有全氟化物的废气利用切线注入涡流等离子体反应器,利用产生的涡流及等离子体火炬(a plasma torch)引发的逆向涡流,使等离子体火炬的高能电子团能与全氟化物与水分及氧气充分接触并引发快速的化学反应,因此,不需要高能量的电源供应及高温的反应器,就能达成有效且彻底的破坏全氟化物的目的。此外,本发明在涡流等离子体反应器之后,使用文氏涤气塔(a venturi scrubber)、湿式洗涤塔(a packed towerscrubber)及泡沫去除器(a foam breaker),能将涡流等离子体反应器的反应产物除酸、去除粒状物及去除泡沫,达成 99%至 99.9%以上的破坏去除效率。

发明内容

[0008] 本发明的主要发明目的在于提供一种全氟化物的等离子体处理装置,其利用涡流等离子体反应器及其后的空气污染防治设备达成全氟化物节约能源的高效率破坏去除目的。

[0009] 本发明的另一发明目的在于提供一种使用于全氟化物的等离子体处理装置的涡流等离子体反应器,利用全氟化物废气及进行化学反应所需适量水分以切线方式注入该涡流等离子体反应器底部形成涡流,并利用装置在另一端的等离子体火炬形成逆向涡流,使等离子体火炬的高能电子团能与全氟化物与水分及氧气充分接触并引发快速的化学反应,达成彻底破坏全氟化物的目的。

[0010] 为达成前述的发明目的,本发明所提供的全氟化物的等离子体处理装置,包括:一涡流等离子体反应器、一等离子体火炬、一文氏涤气塔、一洗涤液槽、一湿式洗涤塔及一泡沫去除器;其中,将多股全氟化物废气收集后,加入进行反应所需的适量水分,一起以切线方式注入涡流等离子体反应器末端,在涡流等离子体反应器内形成往装置在涡流等离子体反应器另一端的等离子体火炬方向旋转的涡流,全氟化物废气与高温等离子体火炬进行直接接触后受热膨胀产生高温差气旋涡流,再形成由等离子体火炬往涡流等离子体反应器出口方向的逆向的高速喷流,使得全氟化物废气在涡流等离子体反应器内与具有高能量密度的等离子体火炬充分混合进行化学反应而被彻底破坏。并在涡流等离子体反应器出口处设置一文氏涤气塔,将废气降温、部分除酸、去除粒状物后,再进入一湿式洗涤塔进行除酸处理,然后经泡沫去除器去除泡沫后予以排放。文氏涤气塔及湿式洗涤塔的循环用水由一洗

涤液槽供应。

[0011] 本发明的应用范围包含半导体及其它工业工艺的全氟化物等有害废气的处理,例如: SiH_4 、 CF_4 、 CHF_3 、 C_2F_6 、 NF_3 等废气处理。

[0012] 为使对本发明有更好的了解,特就下列附图为例作为本发明的一优选实施例说明如下。

附图说明

[0013] 图 1 为现有的全氟化物废气等离子体处理装置;

[0014] 图 2 为本发明的全氟化物废气等离子体处理装置;

[0015] 图 3 为本发明的涡流等离子体反应器。

[0016] 【主要元件符号说明】

[0017] 10- 全氟化物废气;

[0018] 11- 收集管;

[0019] 12- 废气收集干管;

[0020] 15- 水分注入口;

[0021] 20- 气体注入器;

[0022] 30- 涡流等离子体反应器;

[0023] 31- 等离子体火炬;

[0024] 32- 反应器外壁;

[0025] 33- 法兰连接口;

[0026] 34- 涡流等离子体反应器末端;

[0027] 35- 涡流等离子体反应器顶部;

[0028] 36- 气旋涡流;

[0029] 37- 高速气旋喷流;

[0030] 38- 直流电源供应;

[0031] 40- 文氏涤气塔;

[0032] 41- 洗涤液;

[0033] 42- 液体喷嘴;

[0034] 43- 文氏管;

[0035] 44- 冲击板;

[0036] 50- 洗涤液槽;

[0037] 51- 洗涤液循环泵浦;

[0038] 52- 连续溢流阀;

[0039] 53- 槽底排放阀;

[0040] 54- 排放水;

[0041] 60- 湿式洗涤塔;

[0042] 61- 洗涤液喷嘴;

[0043] 62- 除雾器洗涤喷嘴;

[0044] 63- 除雾器;

- [0045] 64- 填充材料；
- [0046] 70- 泡沫去除器；
- [0047] 71- 马达；
- [0048] 72- 回流管线；
- [0049] 74- 离心转盘；
- [0050] 75- 诱引风车；
- [0051] 110- 等离子体反应器；
- [0052] 111- 废气进口；
- [0053] 112- 等离子体火炬；
- [0054] 113- 反应室；
- [0055] 120- 喷水器组；
- [0056] 150- 湿式洗涤塔；
- [0057] 160- 风车。

具体实施方式

[0058] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下结合具体实施例，并参照附图，对本发明进一步详细说明。

[0059] 如图 2 所示，为本发明的全氟化物的等离子体处理装置的一优选实施例，以下说明其原理及运作方式。

[0060] 本发明的全氟化物的等离子体处理装置，是一种利用全氟化物废气以切线注入涡流等离子体反应器 30 中，使其产生气旋涡流，在涡流等离子体反应器 30 内部利用装设于另一端的直流等离子体火炬 31 将全氟化物废气进行高温裂解，利用文氏涤气塔 40 及湿式洗涤塔 60 洗涤降温去除酸性气体及去除粒状物，再利用泡沫去除器 70 将所气流夹带出来的泡沫及液滴去除的一种全氟化物的等离子体处理装置。其主要设备包含：一利用切线注入全氟化物废气产生涡流的涡流等离子体反应器 30、一等离子体火炬 31、一文氏涤气塔 40、一洗涤液槽 50、一湿式洗涤塔 60 及一泡沫去除器 70。

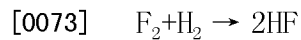
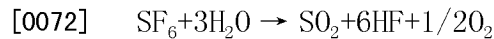
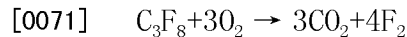
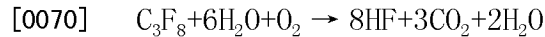
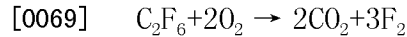
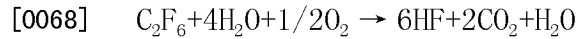
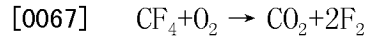
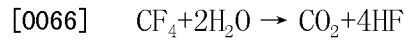
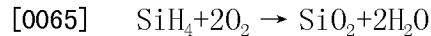
[0061] 如图 3 所示，涡流等离子体反应器 30 是利用全氟化物废气与高温等离子体火炬 31 直接接触后，使得全氟化物废气的体积膨胀产生高温差涡流的原理，使得含有全氟化物的废气能够在涡流等离子体反应器 30 内，与高能电子团充分混合进行化学反应，达成有效破坏的目的。

[0062] 涡流等离子体反应器 30 设有多支收集管 11 用来连接收集半导体工艺所产生的全氟化物废气 10。由半导体工艺使用端产生的全氟化物废气 10 配管与收集管 11 连接至涡流等离子体反应器 30。收集管 11 可以为 1 支或多支，通常以 4 支至 8 支设计，以利于减少破坏去除废气中全氟化物的等离子体处理装置的数量。每一支收集管 11 的单位气体流量为每分钟约 50 ~ 100 公升标准状态气体流量，半导体制造系统操作压力为 40 至 200mTorr 最为常见，其排气可经真空泵浦排出再连接至本发明的全氟化物的等离子体处理装置，也可以在真空泵浦之前进入本发明的全氟化物的等离子体处理装置。

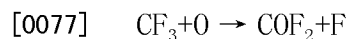
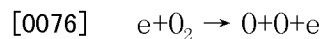
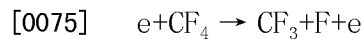
[0063] 全氟化物废气 10 经多支收集管 11 被收集至废气收集干管 12 后，利用水分注入口 15 注入进行反应所需适量水分，再一起经气体注入器 20，由涡流等离子体反应器末端 34 以

多点切线方式注入涡流等离子体反应器 30, 以产生旋转的涡流。

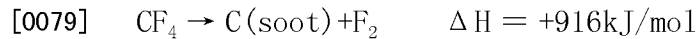
[0064] 利用水分注入口 15 注入的水量, 主要根据全氟化物废气的组成, 依据化学反应式做推估, 举例说明其反应方程式如下:



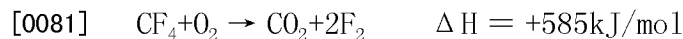
[0074] 由于多数 PFCs 在涡流等离子体反应器 30 内进行反应后, 会很容易再聚合成最稳定的化合物 CF_4 , 因此, 在废气进入涡流等离子体反应器 30 前, 必须利用水分注入口 15 注入进行反应所需适量水分, 先调节及供应进行反应所需的适当水分含量, 使 PFCs 能转化成 HF 及 CO_2 才能得到较好的破坏去除效率。利用涡流等离子体反应器 30 的作用, CF_4 会在等离子体的高能电子作用下, 很快进行以下反应而被破坏:



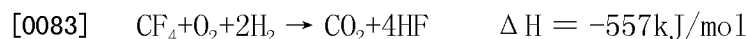
[0078] CF_4 是很稳定的化合物, 进行 CF_4 的热解需要供应大量能量, 而且, 需要很高的活化能才能进行; CF_4 进行热解反应的反应式及反应热 ΔH 如下:



[0080] CF_4 在等离子体反应器内与氧气进行氧化反应仍为吸热反应, 其反应热 ΔH 如下:



[0082] CF_4 与氧气及氢气进行氧化反应, 为放热反应, 进行反应会释放反应热 ΔH 如下:



[0084] 全氟化物废气在涡流等离子体反应器 30 内形成由涡流等离子体反应器末端 34 往等离子体火炬 31 方向流动且快速旋转的涡流, 然后, 全氟化物废气与等离子体火炬 31 直接接触后, 开始引发化学反应, 使全氟化物的化学键结被彻底破坏, 并与水分子或氧气结合形成一些简单易于处理的分子或原子, 同时使气体温度快速升高, 体积膨胀, 进而产生速度更快的高温差气旋涡流 36。

[0085] 高温差气旋涡流 36 到达涡流等离子体反应器顶部 35 后, 受到等离子体火炬 31 激发, 使全氟化物与氧气及水产生化学反应, 气体的体积受化学反应及温度升高的影响而快速膨胀, 并受等离子体火炬 31 的气流引导后形成由等离子体火炬 31 往涡流等离子体反应器出口方向的高速气旋喷流 37, 使得全氟化物废气在涡流等离子体反应器 30 内能够与高能量密度的等离子体火炬 31 及其高能量电子团充分混合、进行化学反应, 产生 COF_2 、HF、 NO_x 、CO、 CO_2 等燃烧产物, 而被彻底破坏。

[0086] 位于涡流等离子体反应器 30 最前端中心位置的直流等离子体火炬 31, 是利用供

应高电压、高电流的直流电源供应 38 使等离子体火炬 31 产生电弧进而产生高温高能量密度的稳定的等离子体,将废气中的全氟化物加热分解、原子化、离子化,使全氟化物的化学键结被彻底破坏,并与水分子或氧气结合形成一些简单易于处理的分子或原子,如氢气、一氧化碳、二氧化碳和氟化氢等,而不会组合成较大的或较复杂的分子,达成彻底破坏的目的。

[0087] 等离子体火炬 31 可以采用直流电力供应产生高温等离子体的非传输型直流等离子体火炬。

[0088] 涡流等离子体反应器 30 是利用等离子体火炬 31 及其产生的高能电子团与全氟化物废气充分混合、进行化学反应,因此,并不需建立均匀的温度场,所以可以使用较低功率的等离子体火炬 31,即可达到所需的破坏效率。以一般四组收集管 11 单位时间处理 200L/min 的设备为例,传统的等离子体火炬约需使用 10kW 功率,使用本发明的涡流等离子体反应器 30 则只需使用 4~6kW 功率的等离子体火炬 31 即可。

[0089] 由于在涡流等离子体反应器 30 内,以切线注入的全氟化物废气尚未被加热,会沿着反应器外壁 32 以涡旋方式流动,因此,使得反应器外壁 32 温度不会太高,只需使用石英玻璃或陶瓷管外加保护金属即可,可以使得设备制作简单化。

[0090] 为达到较好的混合效果,本发明所提供的涡流等离子体反应器 30 具有下列的基本结构设计及尺寸的设定:

[0091] 1、为了让全氟化物废气 10 在涡流等离子体反应器 30 内能产生稳定的涡流且避免粒状物沉积,气体注入器 20 的气体流速应维持 10m/s 以上。

[0092] 2、涡流等离子体反应器 30 为圆柱形结构,其最适长度 L 约为内径 D 的 1 至 3 倍。也就是, $L/D = 1 \sim 3$ 。

[0093] 3、涡流等离子体反应器 30 的最适出口直径 d 约为内径 D 的 1/2 至 1/3 倍。也就是, $d/D = 1/3 \sim 1/2$ 。

[0094] 由于在涡流等离子体反应器 30 内经等离子体火炬 31 处理后的废气温度极高,并产生氟化氢等酸性气体,因此,在涡流等离子体反应器 30 出口处设置法兰接口 33 与一文氏涤气塔 40 连接,由于气体中的酸性化合物的溶解度受温度影响显著,若温度过高则溶解度降低,因此,利用液体喷嘴 42 将洗涤液 41 喷入文氏涤气塔 40 中,将废气降温并溶解部分 HF 等酸性气体,同时涤除其夹带的固体微粒,如含硅粉末等;文氏涤气塔 40 中有一文氏管 43,可使文氏涤气塔 40 能在减压条件下操作(此部分引用中国台湾新型专利 M384719);文氏涤气塔 40 底部设有冲击板 44,可避免洗涤液受压产生波动,影响湿式洗涤塔 60 的操作。

[0095] 湿式洗涤塔 60 内部有提供巨大接触面积的填充材料 64,洗涤液利用洗涤液喷嘴 61 喷洒于填充材料之上,形成气体与液体的接触与相对运动,以利于质量传递的进行。填充材料 64 之上装有除雾器 63,其上则为除雾器洗涤喷嘴 62,可将大部分随着气流被带上的水滴去除掉;洗涤液喷嘴 61、除雾器洗涤喷嘴 62 及液体喷嘴 42 由洗涤液循环泵浦 51 提供洗涤液。

[0096] 废气在经过湿式洗涤塔 60 时,能将氟化氢 HF 等酸性气体吸收,在处理含氟化氢废气产物时,洗涤液可以加碱 NaOH,使喷出的水雾可以中和氟化氢等酸性。依现况而言,在科学园区设有废水处理场的厂商,通常其废水处理厂均有能力处理含氟废水,因此,本发明的洗涤液槽 50 的排放水 54 可做批次排放或连续排放至废水处理场即可。

[0097] 由于半导体工艺常在低压条件操作,因此,湿式洗涤塔 60 常会产生大量泡沫,很难利用除雾器 63 完全去除,会伴随排气排出,因此,本发明在湿式洗涤塔 60 后设有泡沫去除器 70,利用高转速的马达 71 带动离心转盘 74,利用离心力将泡沫去除,使得管线及下游设备不致遭受粒状物污染的困扰;分离后的液体及泡沫经回流管线 72 送回洗涤液槽 50。

[0098] 泡沫去除器 70 后端设置一诱引风车 75 以补足系统负压,使废气能顺利排出。

[0099] 废气中的全氟化物 PFCs 在设备中的破坏去除效率 DRE,可以利用设备出口端化合物 C_mF_n 的总质量除以进入设备的化合物 C_mF_n 的总质量计算之:

$$[0100] \quad DRE = \left(1 - \frac{\sum_i f_i (C_m F_n)_{out}}{\sum_i f_i (C_m F_n)_{in}} \right) \times 100\%$$

[0101] 其中 f_i 为化合物 C_mF_n 的流量,单位为 sccm。本发明的全氟化物的等离子体处理装置,针对不同组成的全氟化物废气,破坏去除效率可达 99% 至 99.9%。

[0102] 以上说明对本发明而言只是说明性的,而非限制性的,本领域普通技术人员理解,在不脱离权利要求所限定的精神和范围的情况下,可做出许多修改、变化或等效,但都将落入本发明的权利要求可限定的范围之内。

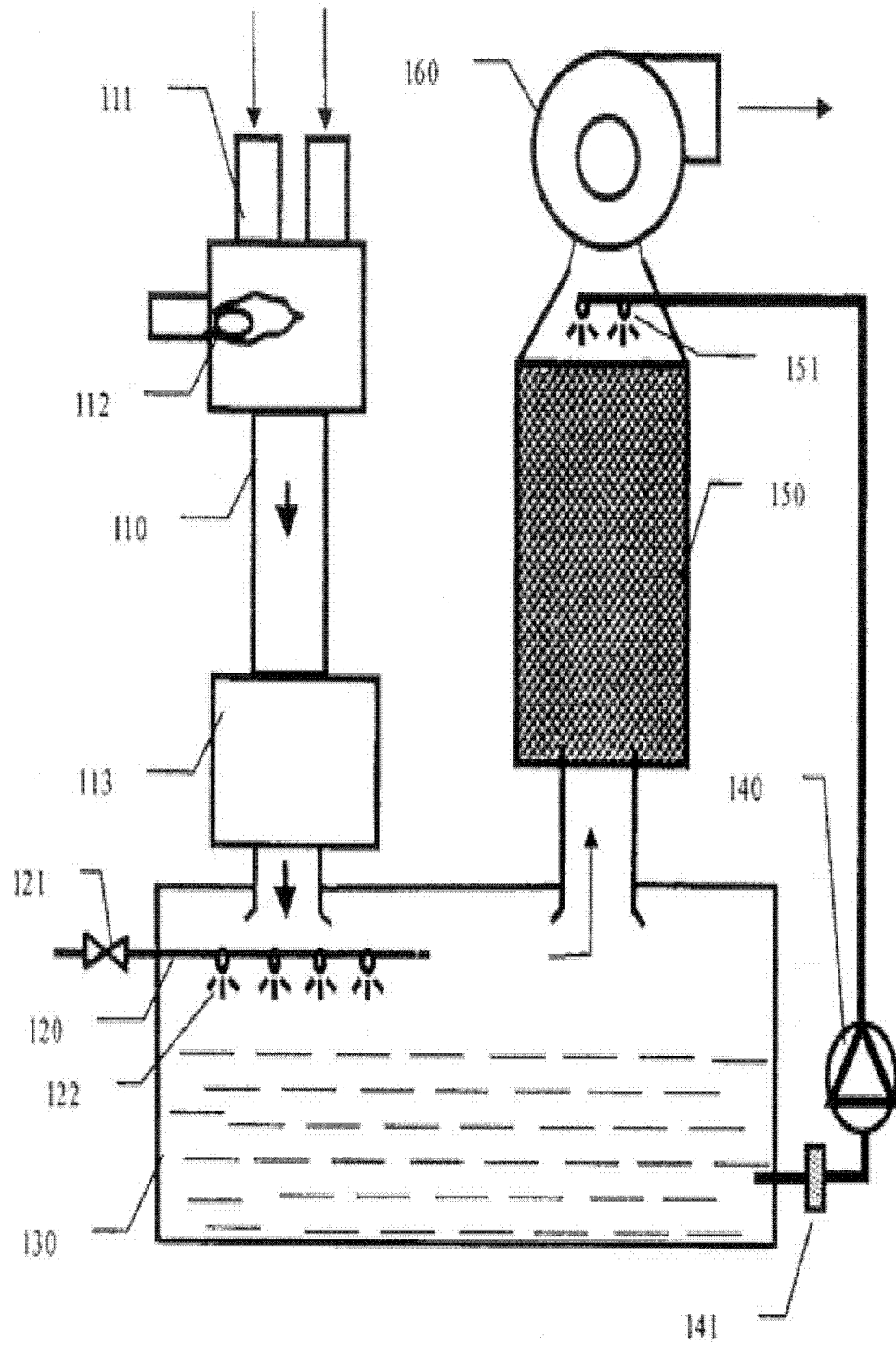


图 1

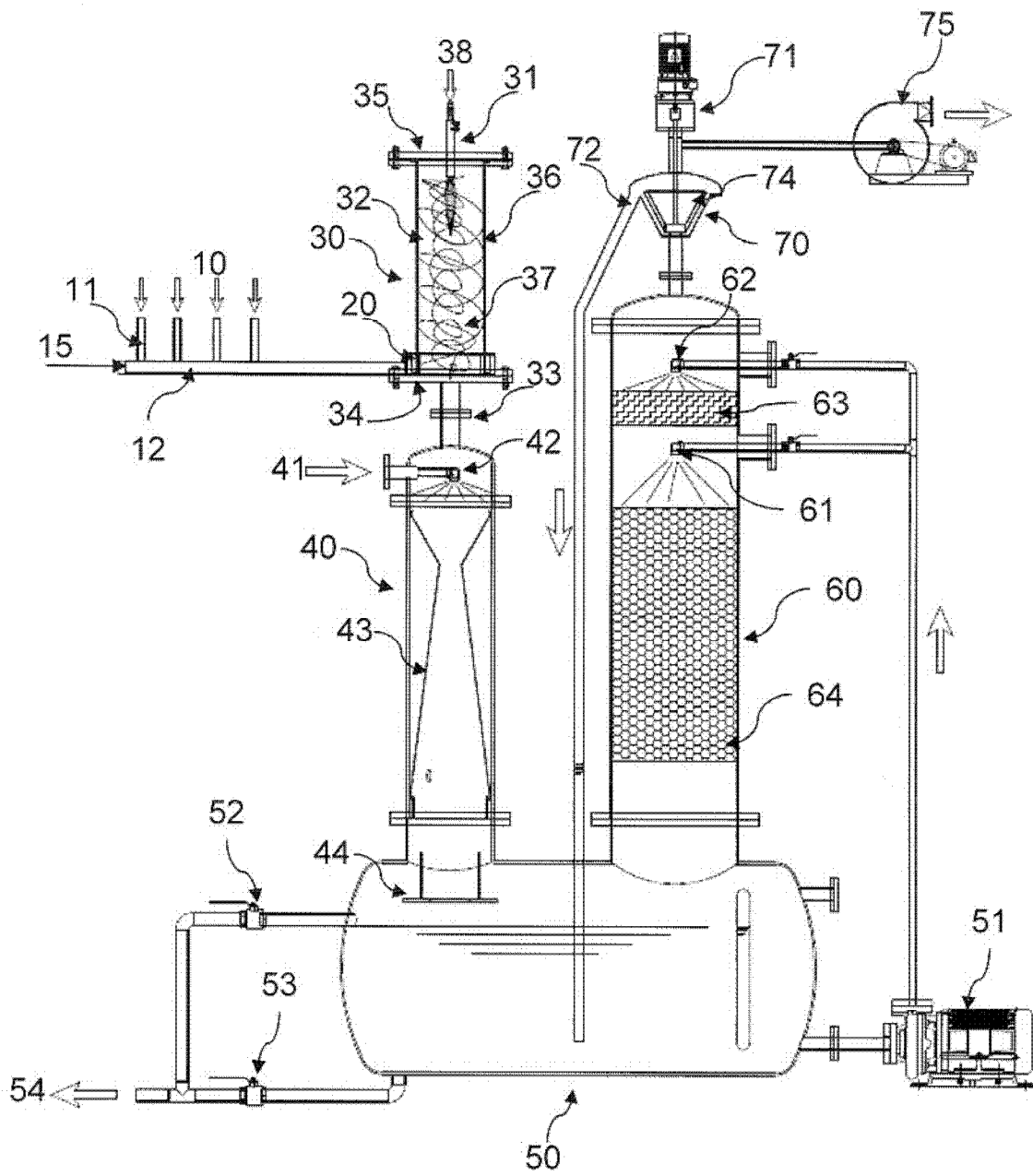


图 2

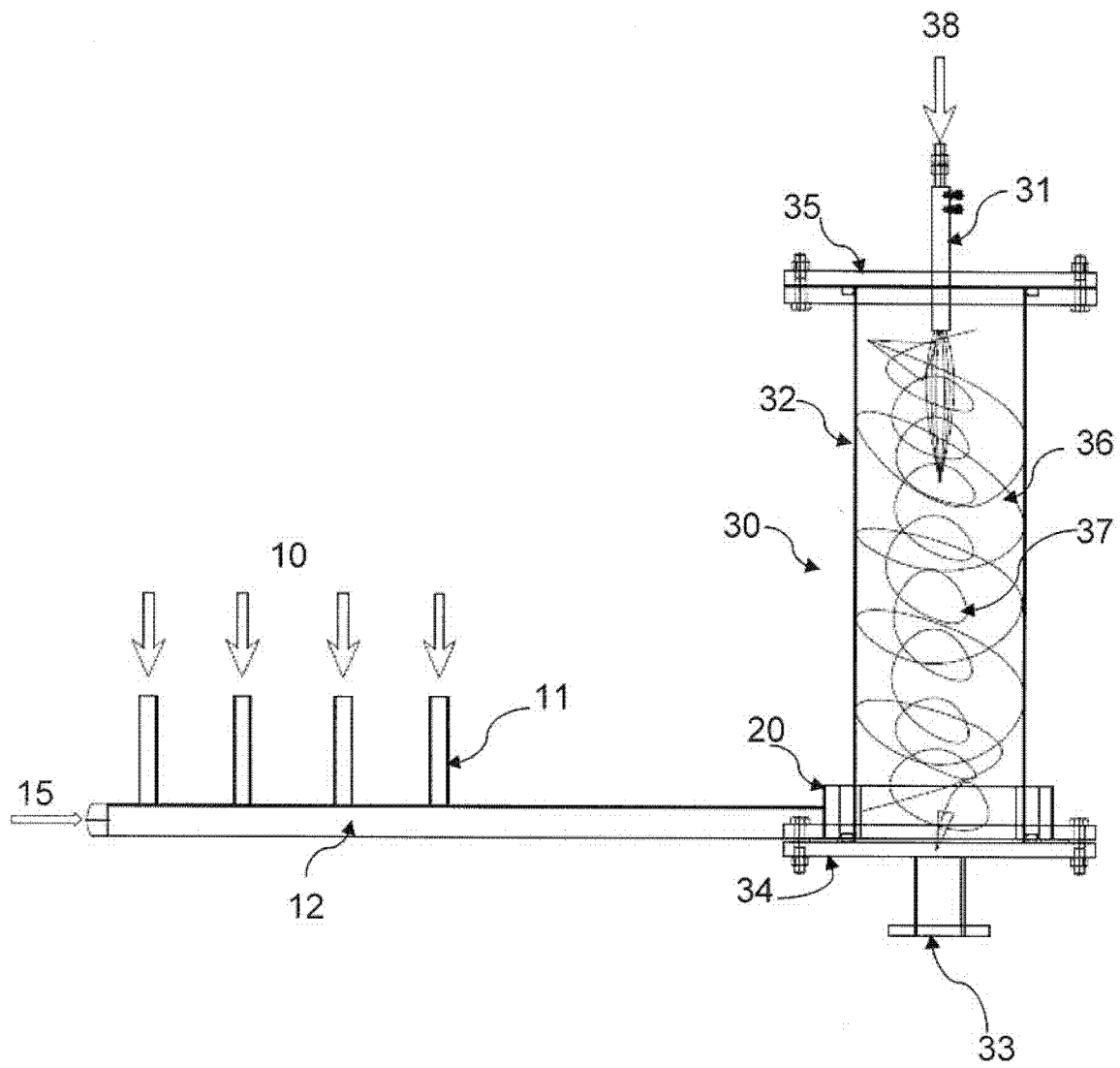


图 3