(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 113660995 B
(45)授权公告日 2024.07.26

(21)申请号 202080026104.3
(22)申请日 2020.03.12
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113660995 A
(43)申请公布日 2021.11.16
(30)优先权数据
10-2019-0036526 2019.03.29 KR
10-2019-0038228 2019.04.02 KR
10-2019-0077347 2019.06.27 KR
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.09.29
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/KR2020/003447 2020.03.12
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/204393 KO 2020.10.08

(73)专利权人 GT有限公司
地址 韩国蔚山
(72)发明人 金建兑 金昌珉 金正原 梁礼真 成亚临
(74)专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理有限责任公司 11204
专利代理师 王达佐 洪欣

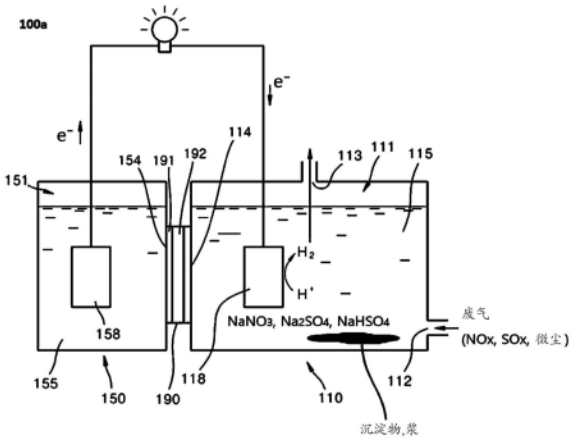
(51)Int.Cl.
B01D 53/32(2006.01)
B01D 53/60(2006.01)
C25B 5/00(2006.01)
C25B 9/00(2021.01)
(56)对比文件
CN 104722466 A,2015.06.24
审查员 贺隽
权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54)发明名称

用于减少微尘的废气净化系统

(57)摘要

本技术涉及用于对含有作为微尘的发生原因的氮氧化物和硫氧化物的废气进行净化的废气净化系统,该系统可以在通过电化学反应对含有氮氧化物和硫氧化物的废气进行净化而去除诸如微尘的空气中的污染物的同时产生作为环保燃料的氢气。



CN 113660995 B

1.气体净化系统,包括:

阴极部,其包括第一容纳空间、第一水溶液和阴极,所述阴极的至少一部分浸入所述第一水溶液中;

阳极部,其包括第二容纳空间、为碱性的第二水溶液和金属的阳极,所述阳极的至少一部分浸入所述第二水溶液中;以及

连接部,其连接所述阴极部和阳极部,

其中,所述阳极的材料为铝(Al)或锌(Zn),

将包含氮氧化物(NOx)、硫氧化物(SOx)、或氮氧化物(NOx)和硫氧化物(SOx)的气体注入到所述第一水溶液中,

注入到所述第一水溶液中的氮氧化物和硫氧化物(SOx)与水反应分别生成硝酸(HNO_3)和硫酸(H_2SO_4),

所述硝酸和硫酸供应氢离子,以及

所述氢离子与所述阴极的电子反应产生氢气;

其中所述气体净化系统不包括外部电源。

2.根据权利要求1所述的气体净化系统,其中,所述连接部设置在第一容纳空间与所述第二容纳空间之间,并且是阻断所述第一水溶液和所述第二水溶液的移动并且允许离子的移动的多孔性结构的离子传输构件。

3.根据权利要求2所述的气体净化系统,其中,所述离子传输构件的材料为玻璃。

4.根据权利要求3所述的气体净化系统,其中,所述离子传输构件中形成有40微米至90微米、15微米至40微米、5微米至15微米或1微米至2微米的孔。

5.根据权利要求1所述的气体净化系统,其中,所述阴极部具有排出产生的氢气的第一出口,并且所述第一出口与所述第一水溶液的水面相比位于上方。

6.根据权利要求1所述的气体净化系统,其中,所述气体还包括粒径为0.01μm至100μm的微尘,以及

所述微尘在所述第一容纳空间的所述第一水溶液中浆化。

7.气体净化系统,包括:

反应空间,其容纳水溶液;

阴极,所述阴极的至少一部分浸入所述反应空间中的所述水溶液中;以及

金属材料的阳极,所述阳极的至少一部分浸入所述反应空间中的所述水溶液中,

其中,所述阳极的材料为钒(V)、铬(Cr)、锰(Mn)、铁(Fe)、钴(Co)、镍(Ni)、铜(Cu)、铝(Al)或锌(Zn),

将包含氮氧化物(NOx)、硫氧化物(SOx)、或氮氧化物(NOx)和硫氧化物(SOx)的气体注入到所述水溶液中,

注入到所述水溶液中的氮氧化物和硫氧化物与水反应分别生成硝酸(HNO_3)和硫酸(H_2SO_4),以及

所述硝酸和硫酸供应氢离子,并且所述氢离子与所述阴极的电子反应产生氢气;

其中所述气体净化系统不包括外部电源。

8.气体净化系统,包括:

阴极部,其包括第一容纳空间、水性电解质和阴极,所述阴极的至少一部分浸入所述水

性电解质中;

阳极部,其包括第二容纳空间、为碱性的电解质和金属的阳极,所述阳极的至少一部分浸入所述电解质中;以及

固体电解质,其布置在所述阴极部与所述阳极部之间以选择性地通过由所述金属离子化的金属离子,

其中,将包含氮氧化物(NOx)、硫氧化物(SOx)、或氮氧化物(NOx)和硫氧化物(SOx)的气体注入到所述水性电解质中,

注入到所述水性电解质中的氮氧化物和硫氧化物与水反应分别生成硝酸(HNO_3)和硫酸(H_2SO_4),

所述硝酸和硫酸供应氢离子,以及

所述氢离子与所述阴极的电子反应产生氢气;

其中所述气体净化系统不包括外部电源。

9.根据权利要求8所述的气体净化系统,其中,所述固体电解质由$Na_3Zr_2Si_2PO_{12}$形成。

10.根据权利要求8所述的气体净化系统,其中,所述阳极的材料为钠金属或包含钠金属的材料,以及

在所述阴极部中,发生如以下[反应式12]、[反应式13]或[反应式12]和[反应式13]的反应,并且在所述阳极部中,发生如以下[反应式14]的反应:

[反应式12]

$2Na(s)+2HNO_3(aq)\rightarrow H_2(g)+2NaNO_3(aq)$

[反应式13]

$2Na(s)+H_2SO_4(aq)\rightarrow H_2(g)+Na_2SO_4(aq)$

[反应式14]

$2Na(s)\rightarrow 2Na^+(aq)+2e^-$。

11.根据权利要求8所述的气体净化系统,其中,所述阴极部具有排出产生的氢气的第一出口,并且所述第一出口与所述水性电解质的水面相比位于上方。

12.根据权利要求8所述的气体净化系统,其中,所述气体还包括粒径为0.01μm至100μm的微尘,以及

所述微尘在所述第一容纳空间的所述水性电解质中浆化。

用于减少微尘的废气净化系统

技术领域

[0001] 本技术涉及用于减少微尘的废气净化系统,其可以通过电化学反应对含有作为微尘的发生原因的氮氧化物和硫氧化物的废气进行净化并且产生氢气。

背景技术

[0002] 近来,伴随着工业化,温室气体的排放在持续地增加,并且近来由微尘引起的大气污染问题正在显现出来。微尘是粒径的范围为0.1μm至10μm的污染物,在微尘中,直径10μm以下的微尘(PM 10等级)是细到肉眼看不见的粉尘颗粒,会引起呼吸道疾病,且直径2.5μm以下的超细微尘(PM 2.5等级)由于其约头发厚度的1/30的非常细微的粒径而深深地侵入到人的肺泡,从而成为引发呼吸道疾病的直接原因。导致微尘生成的代表性气相污染物有硫氧化物(SOx)、氮氧化物(NOx)、挥发性有机化合物(VOCs)、氨气(NH3)等。

[0003] 这种微尘的生成物质主要是在发电厂、废弃物焚烧工序、炼铁炼钢工序的熔炉和电弧炉、热处理设施、石油精炼和石油化学制品制造工序等中产生。为了去除这些工业工序中排出的微尘颗粒和氮氧化物,正在使用电集尘器、滤袋集尘器和选择性催化还原(SCR)等方法。

[0004] 在电集尘器的情况下,利用了通过电晕放电的静电原理,且具有如下缺点:初期安装费和运营费较高,由于根据粉尘颗粒的种类而受到电阻的影响,因此需要对此进行处理。在过滤集尘装置的情况下,具有如下缺点:当粉尘等积聚在集尘过滤器中时需要通过物理冲击来去除粉尘,但由此会造成集尘过滤器的损坏或效率降低,并且需要用于去除粉尘的额外的装备或额外的费用,且在粉尘浓度较高或过滤速度较快时,由于粉尘自身的性质,粉尘层不易从集尘过滤器上抖落,或者抖落的粉尘重新附着到相邻的过滤器上,从而使集尘性能降低。在选择性催化还原的情况下,具有因不需要催化反应器而安装费和运营费低廉的优点,但是具有需要将反应速度保持在较高的水平且氮氧化物去除效率低至60%以下的缺点。

[0005] 作为与本技术的技术领域相关的现有专利文献,第10-1395594号韩国授权专利公报公开了针对其中复合污染物一起排出的有害气体的复合净化装置。

发明内容

[0006] 解决的技术问题

[0007] 本技术的目的在于提供通过电化学反应去除作为微尘生成物质的氮氧化物(NOx)的废气净化系统。

[0008] 本技术的另一目的在于提供通过电化学反应去除作为微尘生成物质的硫氧化物(SOx)的废气净化系统。

[0009] 本技术的又一目的在于提供可利用上述氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)来生产作为环保燃料的高纯度的氢气的废气净化系统。

[0010] 本技术的又一目的在于提供可将废气中所包括的大小为0.01μm至100μm的微尘浆

化去除的废气净化系统。

[0011] 解决方法

[0012] 为了实现上述本技术的目的,根据本技术的一个方面,提供了废气净化系统,废气净化系统包括:阴极部,其包括第一容纳空间、第一水溶液和阴极,所述阴极的至少一部分浸入所述第一水溶液中;阳极部,其包括第二容纳空间、为碱性的第二水溶液和金属的阳极,所述阳极的至少一部分浸入所述第二水溶液中;以及连接部,其连接所述阴极部和阳极部,其中,将包含氮氧化物(NOx)的气体注入到所述第一水溶液中,注入到所述第一水溶液的氮氧化物与水反应生成硝酸(HNO_3),所述硝酸供应氢离子,并且所述氢离子与所述阴极的电子反应产生氢气。

[0013] 根据本技术的另一方面,提供了废气净化系统,废气净化系统包括:阴极部,其包括第一容纳空间、第一水溶液和阴极,所述阴极的至少一部分浸入所述第一水溶液中;阳极部,其包括第二容纳空间、为碱性的第二水溶液和金属的阳极,所述阳极的至少一部分浸入所述第二水溶液中;以及连接部,其连接所述阴极部和阳极部,其中,将包含硫氧化物(SOx)的气体注入到所述第一水溶液中,注入到所述第一水溶液的硫氧化物与水反应生成硫酸(H_2SO_4),所述硫酸供应氢离子,并且所述氢离子与所述阴极的电子反应产生氢气。

[0014] 根据本技术的又一方面,提供了废气净化系统,废气净化系统包括:反应空间,其容纳水溶液;阴极,其至少一部分浸入所述反应空间中的所述水溶液中;以及金属材料的阳极,其至少一部分浸入所述反应空间中的所述水溶液中,其中,注入到所述水溶液的氮氧化物与水反应生成硝酸(HNO_3),所述硝酸供应氢离子,并且所述氢离子与所述阴极的电子反应产生氢气。

[0015] 根据本技术的又一方面,提供了废气净化系统,废气净化系统包括:反应空间,其容纳水溶液;阴极,其至少一部分浸入所述反应空间中的所述水溶液中;以及金属材料的阳极,其至少一部分浸入所述反应空间中的所述水溶液中,其中,注入到所述水溶液的硫氧化物与水反应生成硫酸(H_2SO_4),所述硫酸供应氢离子,并且所述氢离子与所述阴极的电子反应产生氢气。

[0016] 根据本技术的又一方面,提供了废气净化系统,废气净化系统包括:阴极部,其包括第一容纳空间、水性电解质和阴极,所述阴极的至少一部分浸入所述水性电解质中;阳极部,其包括第二容纳空间、为碱性的电解质和金属的阳极,所述阳极的至少一部分浸入所述电解质中;以及固体电解质,其布置在所述阴极部与所述阳极部之间以选择性地通过由所述金属离子化的金属离子,其中,将包含氮氧化物(NOx)的气体注入到所述水性电解质中,注入到所述水性电解质的氮氧化物与水反应生成硝酸(HNO_3),所述硝酸供应氢离子,并且所述氢离子与所述阴极的电子反应产生氢气。

[0017] 根据本技术的又一方面,提供了废气净化系统,废气净化系统包括:阴极部,其包括第一容纳空间、水性电解质和阴极,所述阴极的至少一部分浸入所述水性电解质中;阳极部,其包括第二容纳空间、碱性电解质和金属的阳极,所述阳极的至少一部分浸入所述电解质中;以及固体电解质,其布置在所述阴极部与所述阳极部之间以选择性地通过由所述金属离子化的金属离子,其中,将包含硫氧化物(SOx)的气体注入到所述水性电解质中,注入到所述水性电解质的硫氧化物与水反应生成硫酸(H_2SO_4),所述硫酸供应氢离子,并且所述氢离子与所述阴极的电子反应产生氢气。

[0018] 根据本技术的又一方面,提供了废气净化系统,废气净化系统包括:反应容器,其形成反应空间;电解质水溶液,容纳于所述反应空间并且包括氯阴离子;阴极,其至少一部分浸入所述反应空间中的所述电解质水溶液中;阳极,其至少一部分浸入所述反应空间中的所述电解质水溶液中;以及电源,其与所述阴极和阳极电连接,其中,将包含氮氧化物(NOx)的气体注入到所述电解质水溶液中,注入到所述电解质水溶液的氮氧化物与水反应生成硝酸(HNO_3),所述硝酸供应氢离子,并且所述氢离子与所述阴极的电子反应产生氢气。

[0019] 根据本技术的又一方面,提供了废气净化系统,废气净化系统包括:反应容器,其形成反应空间;电解质水溶液,其容纳于所述反应空间并且包括氯阴离子;阴极,其至少一部分浸入所述反应空间中的所述电解质水溶液中;阳极,其至少一部分浸入所述反应空间中的所述电解质水溶液中;以及电源,其与所述阴极和阳极电连接,其中,将包含硫氧化物(SOx)的气体注入到所述电解质水溶液中,注入到所述电解质水溶液的硫氧化物与水反应生成硫酸(H_2SO_4),所述硫酸供应氢离子,并且所述氢离子与所述阴极的电子反应产生氢气。

[0020] 发明的效果

[0021] 根据本技术,可以达到前文中记载的本技术的所有目的。具体地,可以在没有外部电源的情况下通过自发的电化学反应净化含有氮氧化物和硫氧化物的废气,并且产生电力和氢气。

附图说明

[0022] 图1是示出根据本技术的一个实施方案的废气净化系统的运转过程的示意图。

[0023] 图2是示出根据本技术的另一实施方案的废气净化系统的运转过程的示意图。

[0024] 图3是示出根据本技术的又一实施方案的废气净化系统的运转过程的示意图。

[0025] 图4是示出根据本发明的又一实施方案的废气净化系统的运转过程的示意图。

具体实施例

[0026] 在本技术中,氮氧化物(NOx)是对氮的氧化物的统称。尽管不限于此,但可以是,例如,一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO_2)或它们的离子。

[0027] 在本技术中,硫氧化物(SOx)是对硫的氧化物的统称。尽管不限于此,但可以是,例如,二氧化硫(SO_2)、三氧化硫(SO_3)或它们的离子。

[0028] 在本技术中,微尘是指大小为0.01μm至100μm的碳化合物、有机物、无机物、金属或它们的盐。

[0029] 以下,参照附图对本技术的实施例的构成和作用进行详细的说明。

[0030] 图1示出了根据本技术的一个实施方案的废气净化系统的构成。参照图1进行说明,根据本技术的一个实施方案的废气净化系统100a包括:阴极部110,其包括第一容纳空间111、第一水溶液115和阴极118,阴极118的至少一部分浸入上述第一水溶液115中;阳极部150,其包括第二容纳空间151、为碱性的第二水溶液155和金属的阳极158,阳极158的至少一部分浸入上述第二水溶液155中;以及连接部190,其连接上述阴极部110和阳极部150。

[0031] 根据本技术的一个实施方案的废气净化系统100a通过自发的氧化还原反应将废气所包含的作为污染物的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)用作原料,以产生电力和作为环保燃料的氢气(H_2)。

[0032] 阴极部110具有第一水溶液115和阴极118,其中,第一水溶液115盛放于第一容纳空间111中,阴极118的至少一部分浸入第一水溶液115中。

[0033] 第一水溶液115可以使用碱性水溶液(在该实施方案中,使用1MNaOH的碱性溶液)、碱性电解质水溶液、包括氯离子的电解质水溶液、海水、自来水和蒸馏水等。

[0034] 阴极118是用于形成电路的电极,其可以是碳纸、碳纤维、碳毡、碳布、金属泡沫、金属薄膜或它们的组合,并且也可以使用铂催化剂。在催化剂的情况下,除了铂催化剂之外,还包括碳基催化剂、碳-金属基复合催化剂、钙钛矿氧化物催化剂等通常可以用作析氧反应(HER)催化剂的其它所有催化剂。

[0035] 阴极部110中形成有与第一容纳空间111连通的第一入口112和第一出口113。第一入口112位于第一容纳空间111的下部,从而与第一水溶液115的水面相比位于下方。第一出口113位于第一容纳空间111的上部,从而与第一水溶液115的水面相比位于上方。通过第一入口112,在反应过程中用作燃料的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)被引入第一容纳空间111,并且在需要时,也可以引入第一水溶液115。通过第一出口113,在反应过程中产生的氢气(H2)排出到外部。尽管未示出,但入口112和出口113可以在反应时通过阀门等选择性地在适当的时机打开和关闭。在阴极部110中,在反应过程中发生氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)的洗脱反应。

[0036] 阳极部150具有第二水溶液155和阳极158,其中,第二水溶液155盛放于第二容纳空间151中,阳极158的至少一部分浸入第二水溶液155中。

[0037] 第二水溶液155可以使用高浓度的碱溶液,例如,可以使用1MNaOH或6M NaOH。

[0038] 阳极158是构成电路的金属材料的电极,在该实施方案中,对将锌(Zn)或铝(Al)用作阳极158进行说明。

[0039] 另外,阳极158也可以使用包含锌或铝的合金。

[0040] 现在,将详细描述以上在构造方面描述的废气净化系统100a的反应过程。图1同时示出了废气净化系统100a的反应过程。参照图1,通过入口112将氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)注入到第一水溶液115中,并且在阴极部110中,进行如以下[反应式1]和[反应式2]的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)的化学洗脱反应。

[0041] [反应式1]

[0042] $NOx+H_2O \rightarrow 2HNO_3(aq)$

[0043] [反应式2]

[0044] $SOx+H_2O \rightarrow H_2SO_4(aq)$

[0045] 即,在阴极部110中,供应到阴极部110的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)与第一水溶液115的水(H_2O)通过自发的化学反应生成硝酸(HNO_3)或硫酸(H_2SO_4)。上述生成的硝酸(HNO_3)或硫酸(H_2SO_4)通过自发的反应生成氢离子(H^+)和盐(NO_3^-、HSO_4^-、SO_4^{2-})。

[0046] 此外,在阴极部110中,发生如以下[反应式3]的电反应。

[0047] [反应式3]

[0048] $2H^+(aq)+2e^- \rightarrow H_2(g)$

[0049] 即,在阴极部110中,氢阳离子(H^+)接收电子(e^-)而产生氢(H_2)气体。产生的氢(H_2)气体通过第一出口113排出到外部。

[0050] 同时,在阴极部110中,发生如以下[反应式4]或[反应式5]的复合析氢反应。

[0051] [反应式4]

[0052] $2H_2O(l)+2NOx(g)+2e^-\rightarrow H_2(g)+2NO_3^-(aq)$

[0053] [反应式5]

[0054] $2H_2O(l)+2SOx(g)+2e^-\rightarrow H_2(g)+2HSO_3^-(aq)$

[0055] 此外,在阳极部150中,在阳极158为锌(Zn)的情况下,进行如以下[反应式6]的氧化反应。

[0056] [反应式6]

[0057] $Zn+4OH^-\rightarrow Zn(OH)_4^{2-}+2e$

[0058] $Zn(OH)_4^{2-}\rightarrow ZnO+H_2O+2OH^-$

[0059] 最终,在阳极158为锌(Zn)的情况下,在反应过程中发生的整体反应式如以下[反应式7]或[反应式8]。

[0060] [反应式7]

[0061] $Zn+2NaOH+2HNO_3(aq)\rightarrow ZnO+H_2O+H_2+2NaNO_3(aq)$

[0062] [反应式8]

[0063] $Zn+2NaOH+H_2SO_4(aq)\rightarrow ZnO+H_2O+H_2+Na_2SO_4(aq)$

[0064] 假如,在阳极部150中,在阳极158为铝(Al)的情况下,进行如以下[反应式9]的氧化反应。

[0065] [反应式9]

[0066] $Al+3OH^-\rightarrow Al(OH)_3+3e^-$

[0067] 最终,在阳极158为铝(Al)的情况下,在反应过程中发生的整体反应式如以下[反应式10]或[反应式11]。

[0068] [反应式10]

[0069] $2Al+6NaOH+6HNO_3(aq)\rightarrow 2Al(OH)_3+3H_2+6NaNO_3(aq)$

[0070] [反应式11]

[0071] $2Al+6NaOH+3H_2SO_4(aq)\rightarrow 2Al(OH)_3+3H_2+3Na_2SO_4(aq)$

[0072] 结果,由[反应式7]、[反应式8]、[反应式10]和[反应式11]可知,在反应时,由从第一水溶液115洗脱的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)生成的氢离子从阴极118接收电子而还原成氢气,并通过第一出口113排出,并且金属阳极158会变为氧化物的形态。在反应进行时,在第一水溶液115中生成硝酸盐(NO_3^-)或硫酸盐(HSO_4^-或SO_4^{2-}),水溶液包含钠离子(Na^+),诸如水溶液为氢氧化钠(NaOH)的情况下,为了使离子平衡,钠离子扩散,使得硝酸钠($NaNO_3$)、硫酸氢钠($NaHSO_4$)或硫酸钠(Na_2HSO_4)以水溶液形态的离子存在。如果对其进行过滤,则可以去除废气中所包含的作为污染物的NOx或SOx。

[0073] 根据本技术的一个实施方案的废气净化系统100b的连接阴极部110和阳极部150的连接部190设置在第一容纳空间111与上述第二容纳空间151之间,并且是阻断上述第一水溶液115和上述第二水溶液155的移动并且允许溶解于水溶液中的离子物质能够通过的多孔性结构的离子传输构件192。

[0074] 阴极部110中形成有与第一容纳空间111连通的第一入口112、第一出口113和第一连接口114。第一连接口114与第一水溶液115的水面相比位于下方,并且连接部190连接到第一连接口114。

[0075] 阳极部150形成有与第二容纳空间151连通的第二连接口154。第二连接口154与第二水溶液155的水面相比位于下方,并且连接部190连接到第二连接口154。

[0076] 根据该实施方案的连接部190具有连接通路191和离子传输构件192,其中,连接通路191使用多孔性离子传输构件连接阴极部110和阳极部150,离子传输构件192设置在连接通路191的内部。

[0077] 连接通道191在形成于阴极部110的第一连接口114与形成于阳极部150的第二连接口154之间延伸,从而使阴极部110的第一容纳空间111和阳极部150的第二容纳空间151连通。离子传输构件192设置在连接通道191的内部。

[0078] 离子传输构件192大体上为圆盘形状,其设置成堵塞连接通道191的内部的形态。离子传输构件192由多孔性结构构成,其允许离子在阴极部110与阳极部150之间的移动,同时阻断水溶液115、155的移动。在该实施方案中,对离子传输构件的材料为玻璃的情况进行说明,但本技术不限于此,并且也可以使用多孔性结构的其它材料,这同样属于本技术的范围。在该实施方案中,离子传输构件192可以使用孔径为相当于G2等级的40微米至90微米、相当于G3等级的15微米至40微米、相当于G4等级的5微米至15微米、相当于G5等级的1微米至2微米的多孔性玻璃。离子传输构件192仅传输离子,从而消除反应过程中发生的离子不平衡。

[0079] 图2示出了根据本技术的另一实施方案的废气净化系统100b的构成。参照图2,根据本技术的一个实施方案的废气净化系统100b包括反应空间161、阴极118和金属材料的阳极158,其中,反应空间161容纳水溶液161,且在上述反应空间161中,阴极118的至少一部分浸入上述水溶液161中,并且阳极158的至少一部分浸入上述水溶液161中。

[0080] 反应容器160提供内部盛放有水溶液162并且容纳有阴极118和阳极158的反应空间161。反应容器160中形成有与反应空间161连通的第一入口112和第一出口113。第一入口112位于反应空间161的下部,从而与水溶液162的水面相比位于下方。第一出口113位于反应空间161的上部,从而与水溶液162的水面相比位于上方。通过第一入口112,在反应过程中用作燃料的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)可以被引入反应空间161中,并且在需要时,也可以引入水溶液162。通过第一出口113,在反应过程中产生的氢气(H2)排出到外部。

[0081] 尽管未示出,但第一入口112和第一出口113可以在反应时通过阀门等选择性地在适当的时机打开和关闭。第一连接口114与第一水溶液115的水面相比位于下方,并且连接部190连接到第一连接口114。在反应空间161中,在反应过程中发生氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)的洗脱反应。

[0082] 水溶液162盛放于反应空间161中,并且阴极118的至少一部分和阳极158的至少一部分浸入水溶液162中。在该实施方案中,对水溶液162使用碱性溶液或海水的情况进行说明。水溶液162在反应过程中由于通过第一入口112引入的二氧化碳气体而呈现弱酸性。

[0083] 阴极118的至少一部分浸入反应空间161中的水溶液162中。阴极118在反应空间161中定位成与阳极158相比相对地靠近第一入口112。阴极118是用于形成电路的电极,其可以是碳纸、碳纤维、碳毡、碳布、金属泡沫、金属薄膜或它们的组合,并且也可以使用铂催化剂。在催化剂的情况下,除了铂催化剂之外,还包括碳基催化剂、碳-金属基复合催化剂、钙钛矿氧化物催化剂等通常可以用作析氧反应(HER)催化剂的其它所有催化剂。在反应时,在阴极118发生还原反应,并且会因此产生氢气。

[0084] 阳极158的至少一部分浸入反应空间161中的水溶液162中。阳极158在反应空间161中定位成与阴极118相比相对地远离第一入口112。阳极158是构成电路的金属材料的电极,在该实施方案中,对阳极158使用钒(V)、铬(Cr)、锰(Mn)、铁(Fe)、钴(Co)、镍(Ni)、铜(Cu)、铝(Al)或锌(Zn)的情况进行说明。在反应时,根据弱酸性环境在阳极158发生氧化反应。

[0085] 上述废气净化系统100b的反应过程与前文所说明的[反应式1]至[反应式11]的过程相同。

[0086] 图3示出了根据本技术的又一实施例的废气净化系统100c的构成。参照图3,根据本技术的一个实施方案的废气净化系统100包括:阴极部110c,其包括第一容纳空间111c、水性电解质115c和阴极118c,阴极118c的至少一部分浸入上述水性电解质115c中;阳极部150c,其包括第二容纳空间151c、电解质155c和金属的阳极158c,阳极158c的至少一部分浸入上述电解质155c中;以及固体电解质190c,固体电解质190c布置在上述阴极部110c与上述阳极部150c之间以选择性地通过由上述金属离子化的金属离子。

[0087] 根据本技术的一个实施方案的废气净化系统100通过电化学反应将废气所包括的作为污染物的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)用作原料产生电力和作为环保燃料的氢气(H_2)。

[0088] 阴极部110c具有水性电解质115c和阴极118c,其中,水性电解质115c盛放于一侧由固体电解质190c分隔的第一容纳空间111c中,阴极118c的至少一部分浸入水性电解质115c中。

[0089] 水性电解质115c可以使用中性水性电解质水溶液、碱性水性电解质水溶液、包括氯离子的电解质、海水、自来水和蒸馏水等。

[0090] 阴极118c是用于形成电路的电极,其可以是碳纸、碳纤维、碳毡、碳布、金属泡沫、金属薄膜或它们的组合,并且也可以使用铂催化剂。在催化剂的情况下,除了铂催化剂之外,还可以使用碳基催化剂、碳-金属基复合催化剂、钙钛矿氧化物催化剂等,并且也包括其它所有催化剂。

[0091] 阴极部110c中形成有与第一容纳空间111c连通的第一入口112c和第一出口113c。第一入口112c位于第一容纳空间111c的下部,从而与水性电解质115c的水面相比位于下方。第一出口113c位于第一容纳空间111c的上部,从而与水性电解质115c的水面相比位于上方。通过第一入口112c,在反应过程中用作燃料的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)可以被引入第一容纳空间111c中,而在需要时,也可以引入水性电解质115c。在反应过程中产生的氢气(H2)通过第一出口113c排出到外部。尽管未示出,但入口112c和出口113c可以在反应时通过阀门等选择性地在适当的时机打开和关闭。在阴极部110c中,在反应过程中发生氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)的洗脱反应。

[0092] 阳极部150c具有电解质155c和阳极(anode)158c,其中,电解质155c盛放于一侧由固体电解质190c分隔的第二容纳空间151c中,阳极158c的至少一部分浸入电解质155c中。

[0093] 上述电解质155c可以是有机电解质,但不限于此,并且可以单独或组合地使用碳酸丙烯酯(propylene carbonate,PC)、碳酸乙烯酯(ethylene carbonate,EC)和碳酸二甲酯(dimethyl carbonate,DMC),将$NaClO_4$或$NaPF_6$溶解于其中进行使用。

[0094] 阳极158c是构成电路的金属材料的电极,其由钠金属或包括钠金属的物质形成,

使得从阴极部110c移动的钠离子被还原并存储为钠金属并且可以使存储的钠金属氧化。尽管未示出,但阳极158c的表面上可以形成有负极活性物质层。在本实施例中,对阳极158c是包括钠金属的物质的情况进行说明,而除了钠金属之外,还可以使用其它金属(例如,Li、Mg等)。

[0095] 固体电解质190c以壁的形态布置在阴极部110c与阳极部150c之间,从而两侧分别与容纳于阴极部110c的第一容纳空间116的水性电解质111c和容纳于阳极部150c的第二容纳空间126的电解质151c接触。固体电解质190c在阴极部110c与阳极部150c之间选择性地仅使钠离子通过。在该实施方案中,将描述其由$Na_3Zr_2Si_2PO_{12}$(其是钠超离子导体(NASICON))形成,以便有效地传输钠离子。

[0096] 现在,将详细描述以上在构造方面描述的废气净化系统100的反应过程。图3同时示出了废气净化系统100的反应过程。参照图3,将氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)通过入口112c注入到水性电解质115c中,并且在阴极部110c中进行如以下[反应式1]和[反应式2]的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)的化学洗脱反应。

[0097] [反应式1]

[0098] $NOx+H_2O\rightarrow 2HNO_3(aq)$

[0099] [反应式2]

[0100] $SOx+H_2O\rightarrow H_2SO_4(aq)$

[0101] 即,在阴极部110c中,供应到阴极部110c的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)与水性电解质115c的水(H_2O)通过自发的化学反应生成硝酸(HNO_3)或硫酸(H_2SO_4)。上述生成的硝酸(HNO_3)或硫酸(H_2SO_4)通过自发的反应生成氢离子(H^+)和盐(NO_3^-、HSO_4^-、SO_4^{2-})。

[0102] 此外,由于生成的硝酸(HNO_3)供应氢离子(H^+),因此,在阴极部110c中进行如以下[反应式12]的电反应。

[0103] [反应式12]

[0104] $2Na(s)+2HNO_3(aq)\rightarrow H_2(g)+2NaNO_3(aq)\quad E^o=2.71V$

[0105] 由于生成的硫酸(H_2SO_4)也供应氢离子(H^+),因此,在阴极部110c中进行如以下[反应式13]的电反应。

[0106] [反应式13]

[0107] $2Na(s)+H_2SO_4(aq)\rightarrow H_2(g)+Na_2SO_4(aq)\quad E^o=2.71V$

[0108] 即,在阴极部110c中,氢阳离子(H^+)接收电子(e^-)而产生氢(H_2)气体。产生的氢(H_2)气体通过第一出口113c排出到外部。

[0109] 此外,在阳极部150c中,进行如以下[反应式14]的电反应。

[0110] [反应式14]

[0111] $2Na(s)\rightarrow 2Na^+(aq)+2e^-$

[0112] 即,在阳极部150c中,钠(Na)分解为钠阳离子(Na^+)和电子(e^-),并且钠阳离子(Na^+)通过固体电解质190c被传输到阴极部110c。

[0113] 残留在水性电解质115c中的盐(HCO_3^-)与从阳极部150c移动到阴极部110c的钠阳离子(Na^+)电子平衡,并且生成硝酸钠($NaHCO_3$)、硫酸氢钠($NaHSO_4$)或硫酸钠(Na_2SO_4)和氢气(H_2)。生成的硝酸钠($NaHCO_3$)、硫酸氢钠($NaHSO_4$)或硫酸钠(Na_2SO_4)以水溶液的形态存在于水性电解质111c中,且如果对其进行过滤,则可以去除废气中所包括的作为污染物的NOx或

SOx。产生的氢气(H_2)通过第一出口113c排出到外部。

[0114] 结果,由上述[反应式1]、[反应式2]、[反应式12]、[反应式13]和[反应式14]可知,在反应时,由从水性电解质115c洗脱的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)生成的氢离子从阴极118接收电子而还原成氢气,并通过第一出口113排出。

[0115] 图4示出了根据本技术的一个实施方案的废气净化系统的构造。参照图4,根据本技术的一个实施方案的废气净化系统100d包括:反应容器160d,其形成反应空间161d;电解质水溶液162d,其容纳于上述反应空间161d中并且包括氯阴离子;阴极118d,其至少一部分浸入上述反应空间161d中的上述电解质水溶液162d中;阳极158d,其至少一部分浸入上述反应空间161d中的上述电解质水溶液162d中;以及电源170d,其与上述阴极118d和阳极158d电连接。

[0116] 反应容器160d提供内部盛放有电解质水溶液162d并且容纳有阴极118d和阳极158d的反应空间161d。反应容器160d中可以形成有与反应空间161d连通的入口112d。入口112d位于反应空间161d的下部,从而与电解质水溶液162d的水面相比位于下方。通过入口112d,在反应过程中用作燃料的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)可以被引入反应空间161d,并且在需要时,也可以引入电解质水溶液162d。

[0117] 此外,上述反应容器可以具有排出产生的氢气的氢气排出部113d。优选地,氢气排出部113d位于反应空间161d的阴极118d的上部,从而与电解质水溶液162d的水面相比位于上方。在反应过程中产生的氢气(H_2)通过氢气排出部113d排出到外部。

[0118] 尽管未示出,但入口部112d和氢气排出部113d可以在反应时通过阀门等选择性地在适当的时机打开和关闭。

[0119] 电解质水溶液162d盛放于反应空间161d中,并且阴极118d的至少一部分和阳极158d的至少一部分浸入电解质水溶液162d中。上述电解质水溶液162d是像海水或盐水一样包括氯离子(Cl^-)的电解质水溶液,在该实施方案中,对电解质水溶液162d是氯化钠(NaCl)水溶液的情况进行说明。因此,电解质水溶液162d包括钠阳离子(Na^+)和氯阴离子(Cl^-)。电解质水溶液162d在反应过程中由于通过入口112d流入的氮氧化物或硫氧化物而呈现弱酸性。

[0120] 阴极118d的至少一部分浸入反应空间161d中的电解质水溶液162d中。阴极118d在反应空间161中定位成与阳极158d相比相对地靠近入口112d。阴极118d与电源170d的负极电连接,从而从电源170d接收电子。阴极118d是用于形成电路的电极,其可以是碳纸、碳纤维、碳毡、碳布、金属泡沫、金属薄膜或它们的组合,并且也可以使用铂催化剂。在催化剂的情况下,除了铂催化剂之外,还包括碳基催化剂、碳-金属基复合催化剂、钙钛矿氧化物催化剂等通常可以用作析氢反应(HER,Hydrogen Evolution Reaction)催化剂的其它所有催化剂。在反应时,在阴极118d发生还原反应,并且会因此产生氢气。

[0121] 阳极158d的至少一部分浸入反应空间161d中的水溶液162d中。阳极158d与电源170d的正极电连接,从而向电源170d供应电子。在该实施方案中,对阳极158d使用钒(V)、铬(Cr)、锰(Mn)、铁(Fe)、钴(Co)、镍(Ni)、铜(Cu)、铝(Al)或锌(Zn)的情况进行说明。

[0122] 在催化剂的情况下,除了铂催化剂之外,还包括碳基催化剂、碳-金属基复合催化剂、钙钛矿氧化物催化剂等通常可以用作燃烧发生反应催化剂的其它所有催化剂。在阳极158d会发生由氧化反应引起的析氯反应(CER,Chlorine Evolution Reaction)。

[0123] 上述电源170d向废气净化系统100d提供电能。电源170d的正极与废气净化系统100d的阳极158d电连接,且电源170d的负极与废气净化系统100d的阴极118d电连接。电源170d可以使用包括太阳能电池和风力发电等可再生能源在内的能够提供电能的所有形态的电源。废气净化系统100d可以利用从电源170d供应的电能并以二氧化碳为原料产生氢气和氯气,从而去除作为微尘产生物质的氮氧化物或硫氧化物。

[0124] 现在,将详细描述以上在构造方面描述的废气净化系统100d的反应过程。图4同时示出了废气净化系统100d的反应过程。参照图4,氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)通过入口112d注入到反应空间161d的电解质水溶液162d中,并且发生如以下[反应式1]或[反应式2]的化学洗脱反应。

[0125] [反应式1]

[0126] $NOx+H_2O \rightarrow HNO_3(aq)$

[0127] [反应式2]

[0128] $SOx+H_2O \rightarrow H_2SO_4(aq)$

[0129] 即,供应到反应空间161d中的电解质水溶液162d的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)与电解质水溶液162d中的水(H_2O)进行自发的化学反应生成硝酸(HNO_3)或硫酸(H_2SO_4)。上述生成的硝酸(HNO_3)或硫酸(H_2SO_4)自发地生成氢离子(H^+)和盐(NO_3^-、HSO_4^-、SO_4^{2-})。

[0130] 此外,在阴极118d发生如以下[反应式3]的电反应。

[0131] [反应式3]

[0132] $2H^+(aq)+2e^- \rightarrow H_2(g)$

[0133] 即,阴极118d向氢阳离子(H^+)供应电子(e^-)而生成氢(H_2)气体。生成的氢(H_2)气体通过氢气排出部113d排出到外部。

[0134] 同时,在阴极118d发生如以下[反应式4]或[反应式5]的复合析氢反应。

[0135] [反应式4]

[0136] $2H_2O(l)+2NOx(g)+2e^- \rightarrow H_2(g)+2NO_3^-(aq)$

[0137] [反应式5]

[0138] $2H_2O(l)+2SOx(g)+2e^- \rightarrow H_2(g)+2HSO_3^-(aq)$

[0139] 此外,在阳极158d发生如以下[反应式15]的产氯反应。

[0140] [反应式15]

[0141] $2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g)+2e^- (E^0=1.36V\ vs.SHE)$

[0142] 最终,根据供应到电解质水溶液162d的气体是否包含氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx),最终的整体反应式分别如以下[反应式16]或[反应式17]。

[0143] [反应式16]

[0144] $2NaCl(aq)+2HNO_3(aq) \rightarrow H_2+Cl_2+2NaNO_3(aq) \quad E^o=1.36V$

[0145] [反应式17]

[0146] $2NaCl(aq)+H_2SO_4(aq) \rightarrow H_2+Cl_2+Na_2SO_4(aq) \quad E^o=1.36V$

[0147] 从[反应式16]和[反应式17]可知,由于电解反应后氢离子(H^+)会消失,因此电解质水溶液162d的pH增加而变成碱性,使得通过入口引入的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)可以继续溶解。初期为氯化钠(NaCl)水溶液的电解质水溶液162d随着反应继续进行而逐渐

变为硝酸钠($NaNO_3$)水溶液或硫酸钠(Na_2SO_4)水溶液。

[0148] 在本实施例中,尽管对电解质水溶液162d使用氯化钠(NaCl)水溶液的情况进行了说明,但可以使用氯化钾(KCl)水溶液或氯化钙($CaCl_2$)水溶液等包括其它阳离子的溶液代替氯化钠水溶液,并且在这种情况下,可以生成与其对应的硝酸盐或硫酸盐。

[0149] 此外,上述废气净化系统100d可以调整在上述阳极生成的氯气的量,使得溶解于上述电解质水溶液162d的氮氧化物或硫氧化物的量保持在设定值之上,从而使上述电解质水溶液162d的pH保持在设定值之上。

[0150] 另外,当使用没有氯离子(Cl^-)的溶液作为电解质水溶液162d时,在阳极158d进行如以下[反应式17]的析氧反应。

[0151] [反应式17]

[0152] $4OH^- \rightarrow O_2+2H_2O+4e^-$

[0153] 由此,电解质水溶液162d的pH不会变化,从而氮氧化物或硫氧化物不会进一步溶解。

[0154] 结果,由[反应式1]至[反应式5]以及[反应式15]至[反应式16]可知,在反应时,由从电解质水溶液162d洗脱的氮氧化物(NOx)或硫氧化物(SOx)生成的氢离子从阴极118d接收电子而还原成氢气,并通过氢气排出部113d排出。在反应进行时,在电解质水溶液115中生成硝酸盐(NO_3^-)或硫酸盐(HSO_4^-或SO_4^{2-}),而水溶液包含钠离子(Na^+),诸如水溶液为氢氧化钠(NaOH)的情况下,为了使离子平衡,钠离子扩散,使得硝酸钠($NaNO_3$)、硫酸氢钠($NaHSO_4$)或硫酸钠(Na_2SO_4)以水溶液形态的离子存在。如果对其进行过滤,则可以去除废气中所包含的作为污染物的NOx或SOx。

[0155] 另外,根据本技术的一个实施方案的废气净化系统100a、100b、100c不仅可以对反应后生成的硝酸钠($NaNO_3$)、硫酸氢钠($NaHSO_4$)或硫酸钠(Na_2HSO_4)进行过滤、干燥或使用沉淀剂进行沉淀后去除,还可以用水溶液对废气中所包括的除NOx或SOx之外的0.01μm至100μm的微尘(碳化合物、有机物、无机物、金属或它们的盐等)进行直接过滤而从废气中去除。

[0156] 上述微尘可以通过在水溶液中添加水分而成为沉淀物从而浆化(slurry)或者成为悬浮物,并且这样生成的沉淀物、浆、悬浮物可以利用分离、过滤、凝聚、排出等方法去除。

[0157] 尽管通过以上实施方案对本技术进行了说明,但本技术并不限于此。上述实施方案可以在不脱离本技术的主旨和范围的情况下进行修改或改变,并且本技术领域的普通技术人员将可以理解,这种修改和改变也属于本技术。

[0158] 工业实用性

[0159] 根据本技术的二氧化碳利用装置可以在没有外部电源的情况下通过自发的电化学反应利用二氧化碳来产生电、氢气和碳酸氢根离子,因此可以与燃料电池系统或其它装置组合来去除作为排出的温室气体的二氧化碳并且产生作为清洁能源的氢气并将其供应给燃料电池,从而实现不产生二氧化碳的环保复合循环发电系统。另外,可以适用于船舶或潜艇,从而有效地用于去除操作过程中产生的二氧化碳或发电。

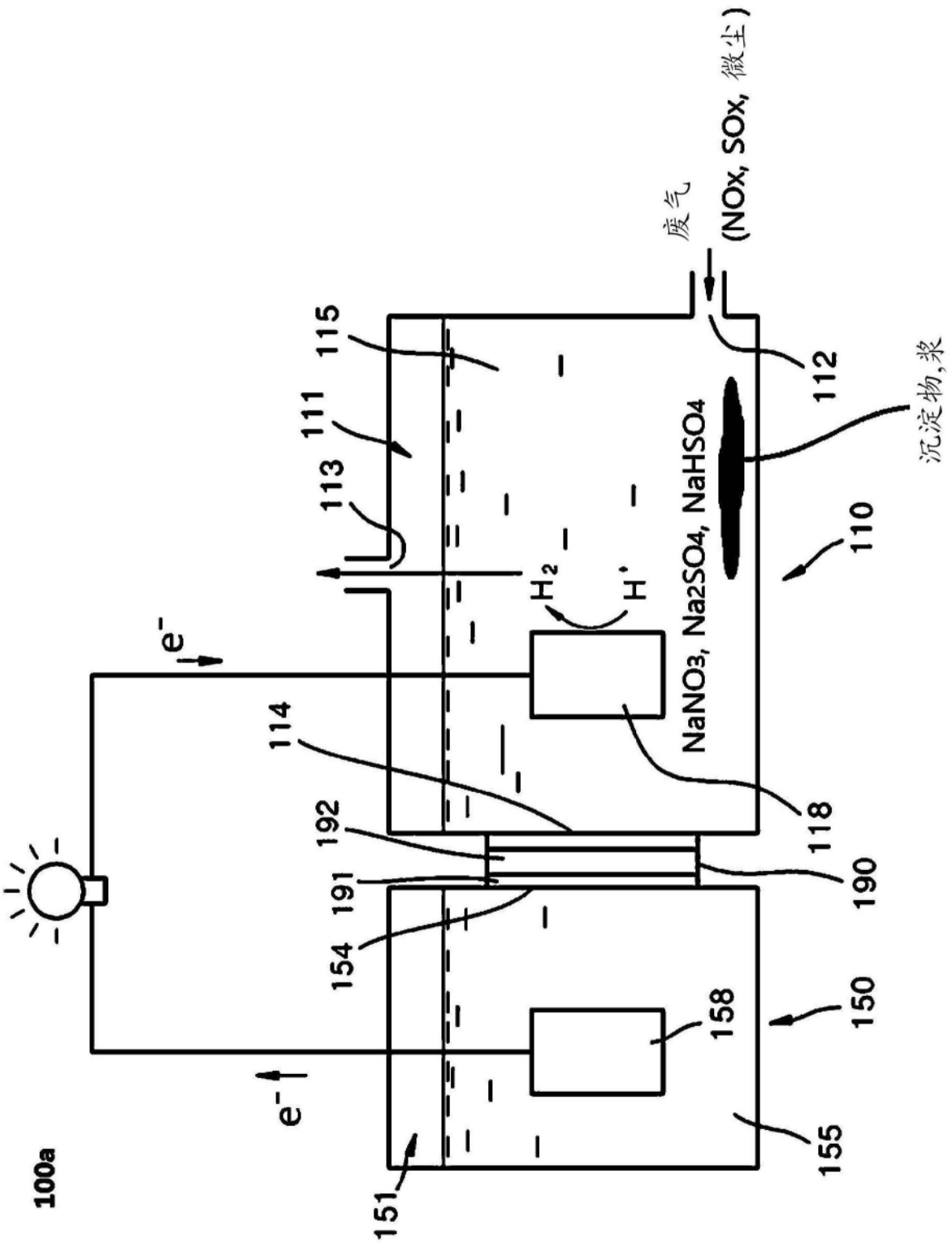

废气
(NOx, SOx, 微尘)
115
111
113
112
沉淀物,浆
NaNO3, Na2SO4, NaHSO4
110
H2
H'
e-
114
118
192
190
191
154
158
150
e-
155
151
100a

图1

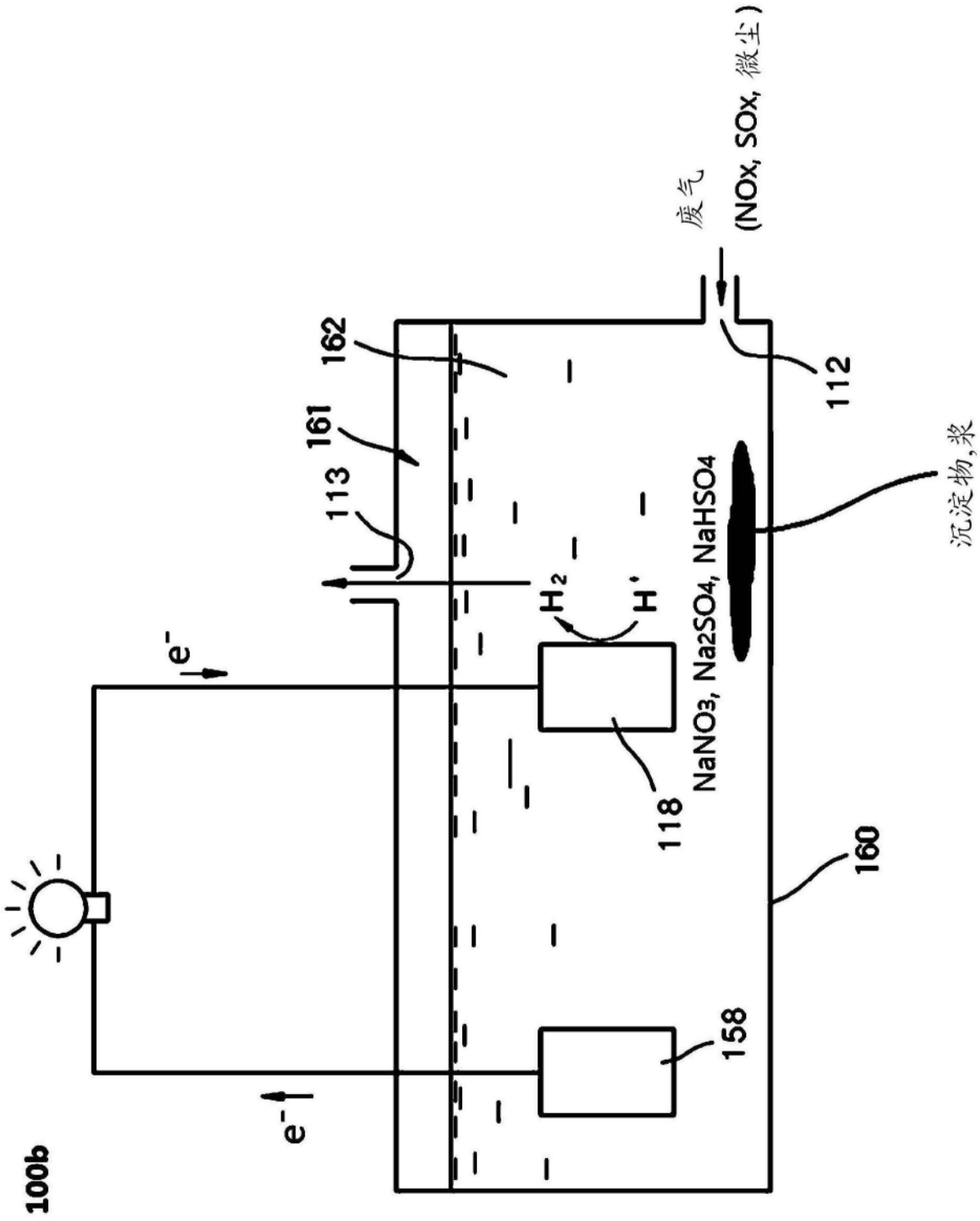

废气
(NOx, SOx, 微尘)
112
162
161
113
沉淀物,浆
H_2
H'
$NaNO_3$, Na_2SO_4, $NaHSO_4$
118
160
158
e^-
e^-
100b

图2

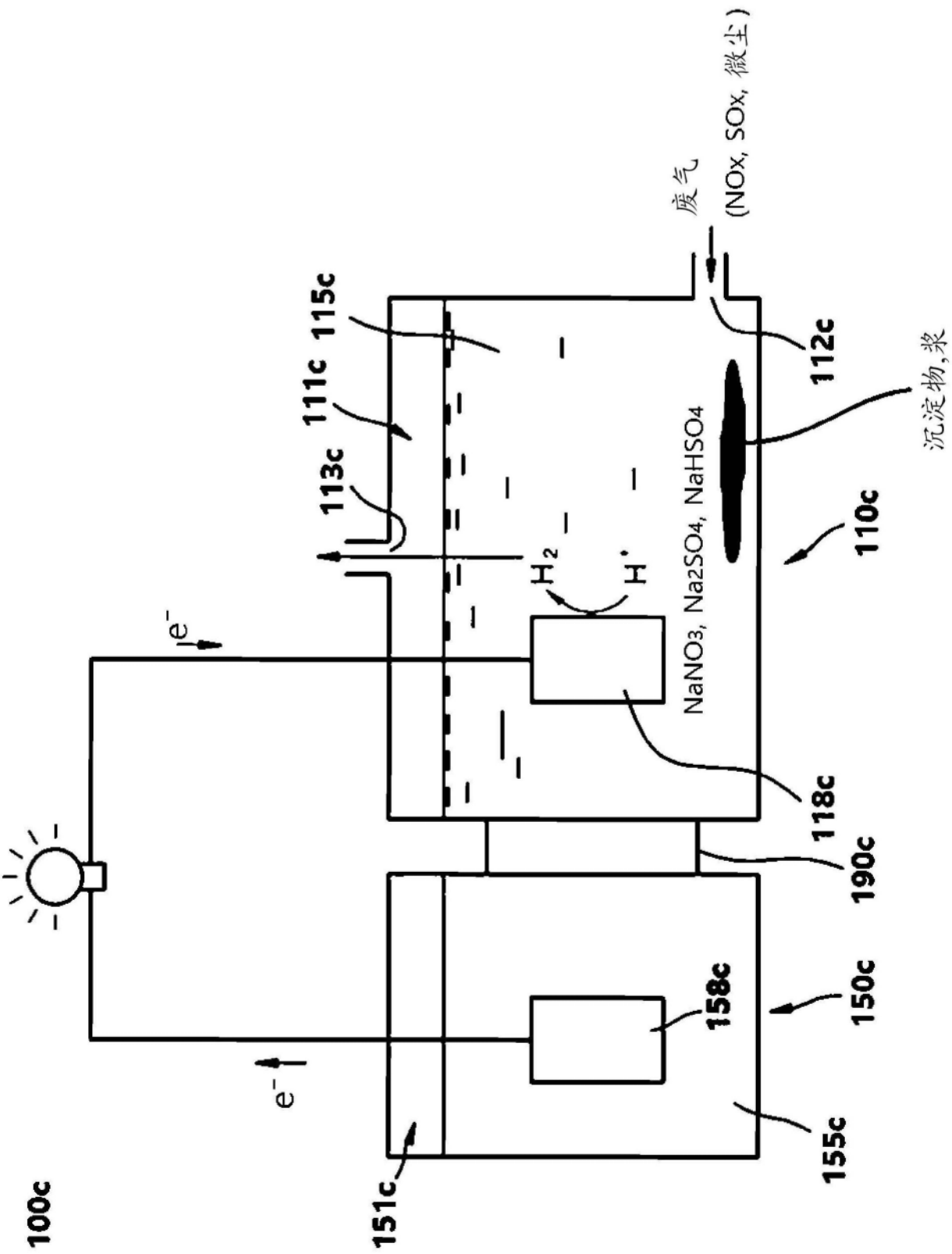

废气
(NOx, SOx, 微尘)
112c
沉淀物,浆
115c
111c
113c
110c
H_2
H'
$NaNO_3$, Na_2SO_4, $NaHSO_4$
e^-
118c
190c
158c
150c
e^-
155c
151c
100c

图3

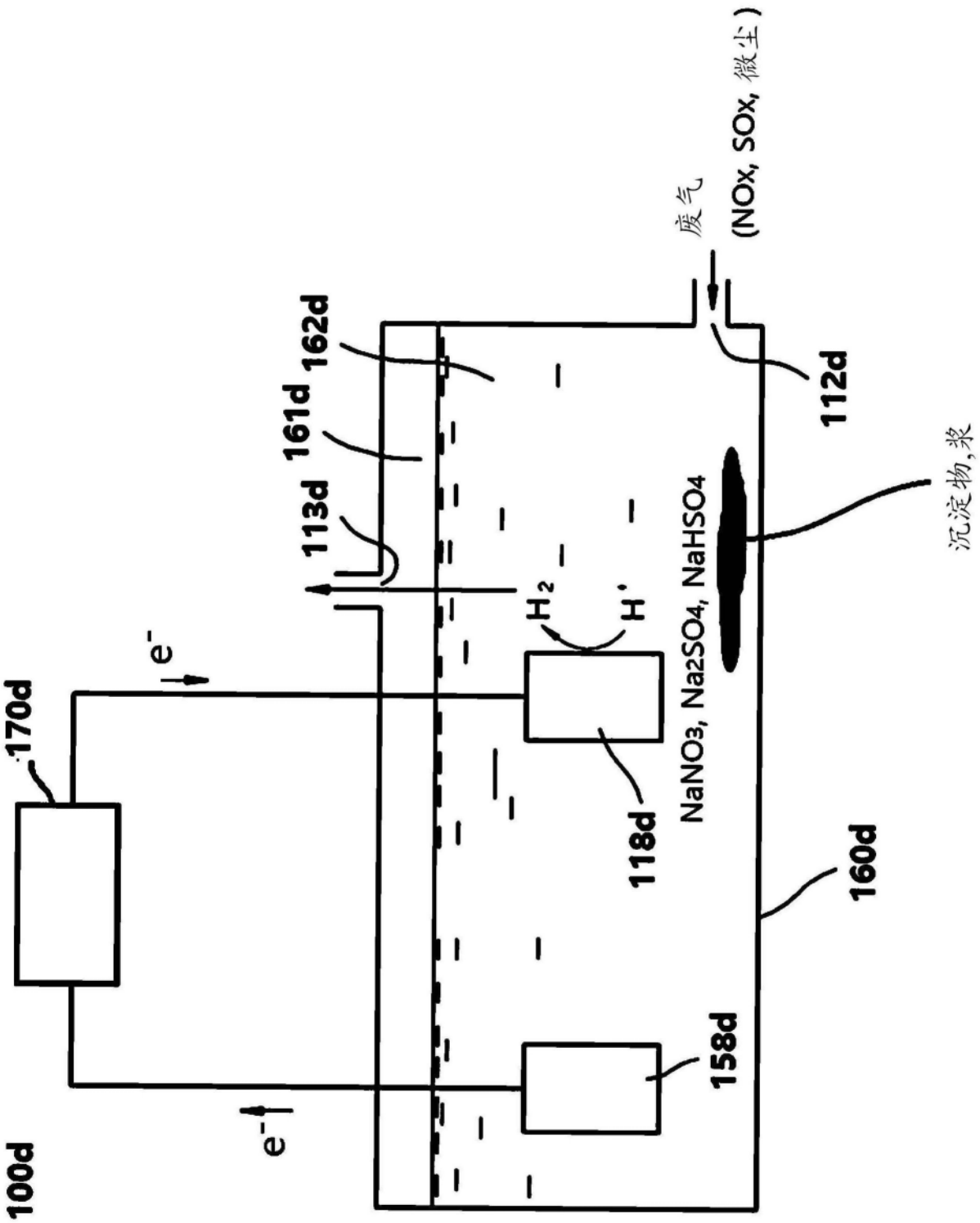

废气
(NOx, SOx, 微尘)
162d
161d
113d
112d
沉淀物,浆
H_2
H'
e⁻
170d
NaNO3, Na2SO4, NaHSO4
118d
160d
158d
e⁻
100d

图4