



(10) 授权公告号 CN 112867561 B

(45) 授权公告日 2024.01.26

(21) 申请号 201980064690.8

(22) 申请日 2019.10.17

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112867561 A

(43) 申请公布日 2021.05.28

(30) 优先权数据  
18201092.6 2018.10.18 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2021.03.31

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2019/078194 2019.10.17

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02020/079136 EN 2020.04.23

(73) 专利权人 优美科股份公司及两合公司  
地址 德国哈瑙-沃尔夫冈

(72) 发明人 J·舍恩哈拜尔 J-M·里赫特  
C·布劳恩

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所  
有限公司 11038

专利代理师 刘学媛

(51) Int.Cl.  
B01J 23/46 (2006.01)  
B01D 53/94 (2006.01)  
F01N 3/10 (2006.01)  
F01N 3/035 (2006.01)

(56) 对比文件  
JP 2015081895 A, 2015.04.27  
EP 2650042 A1, 2013.10.16  
GB 2555851 A, 2018.05.16  
JP 2010048131 A, 2010.03.04  
CN 101617106 A, 2009.12.30  
DE 102013018208 A1, 2015.04.30  
CN 104334272 A, 2015.02.04  
CN 102939445 A, 2013.02.20  
CN 101516502 A, 2009.08.26  
CN 108138618 A, 2018.06.08

审查员 张珩

权利要求书1页 说明书13页

(54) 发明名称

用于汽油发动机的废气净化系统

(57) 摘要

本发明的主题有一种用于汽油发动机的废气净化系统,该废气净化系统依次包括以下装置:•第一三元催化剂(TWC1)、汽油微粒过滤器(GPF)和第二三元催化剂(TWC2),•其中该TWC2的洗涤层负载(WCL)大于该GPF的WCL,其中该WCL以该装置的体积的g/l为单位测定。本发明还公开了使用该系统的方法以及该系统的用途。

1. 一种用于汽油发动机的废气净化系统,所述废气净化系统依次包括以下装置:  
第一三元催化剂TWC1、汽油微粒过滤器GPF和第二三元催化剂TWC2,  
其中所述TWC2的洗涂层负载WCL大于所述GPF的WCL,其中所述WCL以所述装置的体积的g/l为单位测定,  
其中所述TWC1的洗涂层负载WCL大于所述TWC2的WCL,其中所述WCL以所述装置的体积的g/l为单位测定,并且  
其中所述GPF的储氧容量OSC大于所述TWC2的OSC,并且所述TWC1的储氧容量OSC大于所述GPF的OSC,其中所述OSC以所述装置的体积的mg/l为单位测定。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述GPF的铂族金属浓度PGM比所述TWC2的PGM大至少40%,其中所述PGM以所述装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。
3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述TWC1的铂族金属浓度PGM与所述GPF的PGM的比率为1.1至10,其中所述PGM以所述装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。
4. 根据权利要求1所述的系统,其中所述TWC1的铂族金属浓度PGM与所述GPF的PGM的比率为1.25至9,其中所述PGM以所述装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。
5. 根据权利要求1所述的系统,其中所述TWC1的铂族金属浓度PGM与所述GPF的PGM的比率为1.45至5,其中所述PGM以所述装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。
6. 根据权利要求1所述的系统,其中所述TWC1的铂族金属浓度PGM比所述GPF的PGM大至少40%,其中所述PGM以所述装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。
7. 根据权利要求1所述的系统,其中所述TWC2的铂族金属的总量为0.1g至2g。
8. 根据权利要求1所述的系统,其中所述GPF包含钨、铂、铑或它们的混合物。
9. 根据权利要求8所述的系统,其中所述GPF的铂族金属总量中铑的百分比为至少10重量%。
10. 根据权利要求1所述的系统,其中所述TWC2包含铑。
11. 根据权利要求1所述的系统,其中所述TWC2包含铑,其中所述TWC2的铂族金属总量中铑的百分比为至少15重量%。
12. 根据权利要求1所述的系统,其中所述TWC1的铂族金属浓度PGM大于所述GPF和TWC2的PGM之和,其中所述PGM以所述装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。
13. 根据权利要求1所述的系统,其中所述TWC2的洗涂层负载WCL为100g/l至300g/l。
14. 根据权利要求1所述的系统,其中所述TWC2的洗涂层负载WCL为150g/l至280g/l。
15. 根据权利要求1所述的系统,其中所述TWC2的洗涂层负载WCL为175g/l至260g/l。
16. 根据权利要求1所述的系统,其中所述GPF的洗涂层负载WCL为0g/l至150g/l,并且/  
或者  
其中所述TWC1的洗涂层负载WCL为150g/l至350g/l。
17. 根据权利要求1所述的系统,其中所述GPF的洗涂层负载WCL为30g/l至130g/l,并且/  
或者  
其中所述TWC1的洗涂层负载WCL为180g/l至310g/l。
18. 根据权利要求1所述的系统,其中所述GPF的洗涂层负载WCL为50g/l至110g/l,并且/  
或者  
其中所述TWC1的洗涂层负载WCL为200g/l至280g/l。

## 用于汽油发动机的废气净化系统

[0001] 本发明涉及用于汽油发动机的废气净化系统,其依次包括第一三元催化剂、汽油微粒过滤器和第三三元催化剂。本发明还涉及其方法和用途。

### 现有技术

[0002] 来自汽油发动机的废气包含污染物,这些污染物必须在废气释放到环境中之前被去除。就这一点而言,最相关的污染物是氮氧化物( $\text{NO}_x$ )、烃(HC或THC)、一氧化碳(CO)和颗粒物,尤其是烟尘。其它污染物包括硫氧化物( $\text{SO}_x$ )和挥发性有机化合物(VOC)。此类气态污染物通过位于发动机下游的催化剂系统和装置从废气中去除。通常,此类系统包括三元催化剂(TWC),其能够去除氮氧化物、烃和一氧化碳。

[0003] 近年来,越来越关注从汽油发动机的废气中去除颗粒物,尤其是烟尘。多年来,烟尘颗粒仅从柴油发动机废气中去除。然而,越来越多的证据表明,来自汽油发动机的细烟尘颗粒也会损害健康。因此,强烈倾向于为汽油发动机的废气净化系统配备汽油微粒过滤器(GPF)。GPF应有效地降低废气的颗粒质量(PM)和颗粒数(PN)。在欧盟,2014年9月发布的标准EURO 6第一次定义客运车辆汽油发动机颗粒物的最大水平。

[0004] 目前,公共机构对车辆和汽油发动机制造商提高废气纯度的需求日益增加。全球范围内的趋势是降低此类污染物排放水平的法律阈值。此外,欧盟计划使用名称为“实际驾驶排放”(RDE)的便携式排放测量系统在实际条件下为车辆引入强制性测试。此类需求对制造商施加了高压,以提供符合所有法律标准的废气净化系统。就这一点而言,已知的问题是废气污染物的量和比率可根据发动机的操作条件而显著变化。车辆废气净化系统在如城市交通、长距离交通、低速或高速、冷或热环境以及谨慎驾驶或攻击性驾驶的不同条件下应该都是有效的。

[0005] 另一个问题是,汽油发动机应具有低燃料消耗以保持二氧化碳排放低。二氧化碳被认为是温室效应和全球变暖的主要原因。因此,增加废气纯度的尝试不应不利地影响汽油发动机的性能。

[0006] 一般问题是,当催化剂装置诸如TWC与GPF组合来净化来自汽油发动机的废气时,难以在保持汽油发动机的高性能的同时实现所有相关污染物的有效耗尽。原因在于,废气净化系统的至少部分具有对抗性的三种不同特性必须彼此一致。因此,该系统应具有高催化活性、高过滤效率和低压降。高效移除颗粒需要高过滤效率。气体污染物诸如HC、 $\text{NO}_x$ 和CO的有效耗尽需要高催化活性。保持高发动机性能需要低压降。相比之下,增加的压降趋于降低发动机的效率,这导致更高的燃料消耗和二氧化碳排放。

[0007] 一般问题是,GPF和催化装置需要高温来进行有效操作。因此,它们必须靠近发动机操作,这导致整个废气净化系统的尺寸限制。为了增加废气净化系统的过滤效率或催化活性,需要更多的催化剂材料和过滤部件。在催化系统的有限空间中,这通常与GPF和催化装置中的压降增大相关联。原因在于废气在通过此类装置中的过滤材料和多孔涂层时被衰减。因此,必须降低汽油发动机的效率,并且排放更多的二氧化碳以获得相当的性能。另一方面,如果压降保持较低,则难以在废气净化系统的有限空间中实现良好的过滤效率和高

催化活性。

[0008] 现有技术中已进行了各种尝试来提供克服上述问题的汽油发动机净化系统。例如,已描述了配备有特定催化剂或催化剂组合的各种催化装置和汽油微粒过滤器。就这一点而言,催化剂可设置有金属或催化剂层的特定组合。其它解决方案专注于此类装置的内部结构或特定物理特性。

[0009] 此外,为了提高效率,已经提出了具有多个装置的特殊布置的废气净化系统。例如,DE 10 2015 212 514A1建议两个连续TWC和位于第二TWC下游的GPF的组合。WO 2010/052055 A1还公开了第一TWC、第二下游TWC和更下游的GPF的组合。此类系统的一个问题是,当再生末端GPF并燃烧储存的烟尘时,可以形成新的污染物诸如CO和HC,并将其排放到环境中。另一个问题是,末端GPF相对远离发动机定位。因此,其不能通过发动机废气快速有效地加热以实现最佳工艺温度。此外,难以实现有效烟尘燃烧所需的高再生温度,因此必须触发主动再生。一般来讲,在低的非最佳温度下操作GPF降低了效率并增加了残余污染物的量。因此,此类系统的性能仍可得到改善。

[0010] WO 2017/004414 A1公开了用于净化来自汽油发动机的废气的各种系统,所述系统包含N<sub>2</sub>O去除催化剂。例如,上游TWC与下游装置诸如GPF和N<sub>2</sub>O去除催化剂联接。然而,末端催化装置用于N<sub>2</sub>O去除,并且不能有效地去除上游GPF中形成的污染物,诸如CO和CH。文档中提供的数据还指示总体性能仍可得到改善。

[0011] WO 2010/096641 A1还公开了上游TWC、下游颗粒物控制装置和下游NO<sub>x</sub>控制系统的组合,该上游TWC紧密联接到汽油发动机。然而,末端催化装置关注NO<sub>x</sub>去除,并且不能有效地去除上游GPF中最相关的污染物,例如在GPF再生期间形成的污染物。总体而言,系统的性能仍可得到改善。

[0012] 总体而言,持续需要提供克服上述问题的用于汽油发动机的废气净化系统。

[0013] 本发明的根本问题

[0014] 本发明的根本问题是提供克服上述问题的用于汽油发动机的废气净化系统。

[0015] 具体地讲,将提供用于汽油发动机的废气净化系统,其有效地去除相关污染物,尤其是NO<sub>x</sub>、烃(HC)、一氧化碳和颗粒物,尤其是烟尘。烟尘的过滤效率在颗粒质量以及颗粒数方面应较高。同时,系统的压降应较低,使得发动机可保持高性能并且二氧化碳排放将不增加。

[0016] 一个特别的问题是,提供用于汽油发动机的废气净化系统,该系统在各种不同的操作条件下是有效的。因此,污染物的水平在RDE条件下也应较低。

[0017] 此外,通过车载诊断(OBD系统)对系统的常规监测应当是方便的并且提供适当的结果。

[0018] 本发明的另一个根本问题是提供具有高净化效率但相对简单并且可用于标准汽车应用的系统。该系统应相对紧凑、稳定并且便于制造和使用。

## 发明内容

[0019] 令人惊讶的是,发现本发明的根本问题通过根据权利要求所述的废气净化系统来解决。本发明的其它实施方案在整个说明书中概述。

[0020] 本发明的主题是一种用于汽油发动机的废气净化系统,其依次包括以下装置:

[0021] 第一三元催化剂(TWC1)、汽油微粒过滤器(GPF)和第二三元催化剂(TWC2),其中所述TWC2的涂层负载(WCL)大于所述GPF的WCL,其中所述WCL以所述装置的体积的g/l为单位测定。

[0022] 本发明涉及用于汽油发动机的废气净化系统。汽油发动机是使用汽油(petrol/gasoline)作为燃料的内燃机。汽油发动机不同于不使用火花点火的柴油发动机。一般来讲,从汽油发动机排放的废气具有与来自柴油发动机的废气不同的组成,并且需要不同的废气净化系统。

[0023] 优选地,发动机使用汽油直接喷射(GDI),也称为缸内直接喷射,因为已知这些发动机具有改善的燃料效率。通常,来自此类发动机的废气包含相对较高数量的相对较小的烟尘颗粒。尤其是对于此类发动机,可能有利的是,该系统能够有效地去除烟尘颗粒。

[0024] 净化系统包括如上所概述的三个装置。通常,这些装置是不同的单元,其可设置在单独的壳体中。这些装置可通过连接部件诸如管和/或插头连接。这三个装置依次布置,使得TWC1位于GPF的上游,GPF位于TWC2的上游。TWC1定位在汽油发动机的下游。如本文所用,术语“上游”和“下游”是指发动机废气流从发动机朝向排气管的流动方向,其中发动机位于上游位置并且排气管位于下游。

[0025] 废气净化系统包括至少三个净化装置TWC1、GPF和TWC2。在一个优选的实施方案中,该系统不包括其它净化装置,尤其是不包括附加催化装置。更优选地,该系统不包括另一个TWC、另一个GPF和/或另一个污染物去除装置,诸如单独的NO<sub>x</sub>去除装置等。根据本发明,据发现,有效的废气净化仅在采用本文所述顺序的三个装置时是可行的。

[0026] 在另一个实施方案中,该系统包括参与污染物去除的附加装置。在一个实施方案中,可存在至少一个附加催化剂装置。在另一个实施方案中,可存在至少一个附加非催化装置。

[0027] TWC包括涂覆在流通式基底上的三元催化剂涂层。术语“三元”是指三元转化的功能,其中烃、一氧化碳和氮氧化物基本上同时转化。三元催化剂(TWC)是本领域已知的并且广泛用于本领域。汽油发动机通常在接近化学计量的反应条件下运行,该反应条件在0.5Hz至2Hz的扰动频率下,在富燃料和稀燃料的空燃比(A/F比率)( $\lambda = 1 + / - \sim 0.01$ )之间振荡或略微扰动。该操作模式也称为“扰动化学计量”反应条件。TWC催化剂包括储氧材料(OSM),诸如具有多价状态的二氧化铈,该多价状态的二氧化铈允许氧气在不同的空燃比下保持并释放。在富燃条件下,当NO<sub>x</sub>被还原时,储氧容量(OSC)提供少量氧气以消耗未反应的CO和HC。同样,在稀燃条件下,当CO和HC被氧化时,OSM与过量的氧气和/或NO<sub>x</sub>反应。因此,即使在存在富燃料和稀燃料空燃比之间振荡的气氛的情况下,HC、CO和NO<sub>x</sub>都同时(或基本上同时)转化。通常,TWC催化剂包含一种或多种铂族金属,诸如钯和/或铑以及任选的铂;储氧组分;以及任选的促进剂和/或稳定剂。在富燃条件下,TWC催化剂可生成氨。

[0028] 术语“铂族金属”是指六种铂族金属钌、铑、钯、铱、铱和铂。

[0029] “汽油微粒过滤器”(GPF)是用于从废气中去除颗粒物尤其是烟尘的装置。GPF为壁流式过滤器。在此类装置中,废气通过装置内的过滤器壁,而颗粒不能通过过滤器壁并积聚在装置内。通常,过滤器包括多个平行的气流通道。多个第一通道在废气从其流入通道的上游侧打开,并且在流动方向上的相对端部处闭合。废气进入第一通道,通过过滤器壁并进入相邻的第二通道,而颗粒保持截留在第一通道中。第二通道在上游端部处闭合并且在流动

方向上的下游的相对端部处打开,使得废气离开GPF。

[0030] 通常,GPF包括催化活性涂层,通常为TWC涂层。因此,可增强整个系统的总体催化效率并且可提高性能。通常,GPF的内表面,优选地所有内表面,都涂覆有催化剂涂层。因此,过滤器通道的内壁或其至少部分包括催化剂涂层,使得通过过滤器壁的废气也流过多孔催化剂涂层。通常,催化涂层位于多孔过滤器壁内部,或位于过滤器壁上,或既位于过滤器壁内部又位于过滤器壁上。因此,GPF可以过滤掉颗粒,并且同时通过催化化学反应去除气体污染物。催化剂还可支持去除颗粒,尤其是在再生期间。

[0031] “洗涂层”(WC)是施加到载体基底的催化材料或其它材料的薄粘附涂层。载体基底可为蜂窝结构流通式整料基底或过滤器基底,其足够多孔以允许被处理的气流通过。“洗涂层”被定义为包含载体颗粒的涂层。催化的洗涂层包含附加催化组分。该系统的TWC1和TWC2的洗涂层是催化洗涂层(washcoat)。此外,优选的是GPF包括催化洗涂层。

[0032] 根据本专利申请,以g/l为单位测定洗涂层负载,其中以克为单位的重量对应于洗涂层中的所有固体,而体积为装置的总体积,并且不仅为装置在通道中的空隙体积。

[0033] “载体”是支撑件,通常为整料基底,其示例包括但不限于用于TWC的蜂窝状流通式基底和用于GPF的壁流式过滤器基底。“整料基底”为均匀且连续的一体结构,并且尚未通过将单独的基底片附连在一起而形成。通常,载体涂覆有包含催化剂的洗涂层。

[0034] “OSM”是指储氧材料,其为具有多价氧化态的实体,并且可在氧化条件下与氧化剂诸如氧气或氮氧化物( $\text{NO}_2$ )主动反应,或者在还原条件下与还原剂诸如一氧化碳(CO)或氢反应。合适的储氧材料的示例包括二氧化铈或氧化锆。OSM向洗涂层的递送可通过使用例如混合氧化物来实现。例如,二氧化铈可作为铈和/或锆的氧化物以及它们的混合物,和/或铈、锆和另外的掺杂物如稀土元素如Nd、Pr或Y的混合氧化物递送。

[0035] 如本文所用,装置诸如TWC或GPF的“体积”是由其外部尺寸限定的装置的总体积。因此,体积不仅是装置的通道内或多孔结构内的空隙体积。

[0036] 优选地,OSC在新鲜条件下测定。储氧容量(OSC)的存在或不存在可通过跳跃测试来确定。因此,位于两个 $\lambda$ 传感器之间的催化剂或系统的以mg/L计的OSC通过在空燃比跳跃之后(例如,在 $\lambda 0.95-1.05$ 之间;参见例如“Autoabgaskatalysatoren,Grundlagen-Herstellung-Entwicklung-Recycling-Ökologie”,Christian Hagelüken,第2版,2005年,第62页)发生的两个传感器信号的时间偏移量来计算。当催化剂在制造后投入使用时,催化剂处于新鲜状态。

[0037] 通常,催化性能在操作期间改变,并且其性能可降低。这种现象被称为老化。因此,优选的是,一般催化剂性能是在老化条件下测定的,如法律所要求那样。

[0038] 根据本发明,该系统依次包括TWC1、GPF和TWC2。这三个装置的这种布置赋予本发明的系统各种优点。

[0039] 该系统的优点是GPF可以定位成相对靠近发动机。一般来讲,GPF需要相对较高的温度以实现最佳性能和有效的再生。当发动机启动时,GPF被废气流加热。当GPF靠近发动机定位时,其被更快地加热并且更早地实现高的最佳操作温度。过滤器不能有效操作的时间窗口相对较小。在其中GPF是末端装置和/或更远离发动机定位的常规系统中,需要更多时间来实现高效三元催化剂活性和烟尘氧化的操作温度。

[0040] 此外,如果GPF离发动机太远定位,并因此不能达到烟尘燃烧所需的温度,则必须

以限定的时间间隔主动再生GPF。在再生期间,积聚的烟尘在高温下燃烧。如果不能达到所需的温度,烟尘可能不会完全燃烧,并且在再生过程中可能形成不期望的副产物,诸如CO和烃。因此,对于高效再生有利的是,GPF相对靠近发动机定位。

[0041] 该系统的另一个优点是,从GPF释放的部分净化的废气可以通过下游第二TWC (TWC2) 进行进一步净化。在已知的系统中,GPF通常是用于从预净化的废气中最终去除颗粒的末端净化装置。当GPF再生时,烟尘被氧化,并且可以形成杂质,诸如一氧化碳(CO) 或烃(CH)。利用包括末端GPF的常规系统,在再生期间形成的污染物被释放到环境中。根据本发明,来自GPF的预净化的废气在TWC2中经下游净化处理。因此,可以去除或至少显著减少通过GPF或在GPF中形成的残余杂质。末端TWC2可确保最终催化净化,其可用作整个净化过程中的整理步骤。

[0042] 该系统的另一个优点是TWC2定位在远离发动机的位置处。催化装置诸如TWC在使用期间经历老化是技术领域已知的问题。老化是指催化剂的活性和性能随着寿命的推移而改变,并且通常趋于降低。一般来讲,老化在高温下发生得更快。在本发明的系统中,TWC2被定位成相对远离发动机,其结果是在使用期间传递到TWC2的热少于传递到上游装置的热。因此,TWC2的老化过程相当缓慢,并且催化剂可长时间保持其效率和性能。这对于长时间使用可能是有利的,尤其是当在RDE条件下监测排放时。另一方面,由于TWC2仅是用于去除预净化废气中的残余污染物的最终催化剂,因此可以接受的是,由于其位置离发动机相对较远,因此其性能在一定时间间隔可能不是最佳的。末端的下游TWC2仍然可以有效地清除相对少量的残余污染物,即使在其温度不应高达最佳功能所需的温度时也是如此。

[0043] 总体而言,具有TWC1、GPF和TWC2的特殊布置的系统允许在标准使用期间和长时间内从汽油发动机废气中高效去除气体和微粒污染物。

[0044] 在一个优选的实施方案中,GPF的铂族金属浓度(PGM)比TWC2的PGM大至少40%。根据本申请,PGM以装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。可能有利的是,可用本发明的系统实现有效的整体纯化,但第二TWC(TWC2)的PGM以及因此基于铂族金属的伴随的催化效率可能相对较低。就这一点而言,末端TWC2可有效去除来自GPF的预纯化废气中的残余污染物,但TWC2中贵金属的量相对较低。总体而言,可利用系统中相对适中的总量的贵金属来实现废气的有效纯化。这对于实际应用是有利的,因为贵金属是催化剂系统非常昂贵的主要原因。

[0045] 一般来讲,优选的是GPF包含催化剂涂层,优选TWC涂层。这可能是有利的,因为GPF然后可以支持通过系统去除气态污染物。因此,与没有催化剂涂层的GPF相比,系统中的有限空间可以更有效地使用。此外,催化剂涂层可支持颗粒的氧化。

[0046] 在一个优选的实施方案中,TWC1的铂族金属浓度(PGM)与GPF的PGM的比率为1.1至10、优选地1.25至9、更优选地1.45至5,其中PGM以装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。这可能是有利的,因为TWC1位于比GPF更靠近汽油发动机的位置。因此,TWC1可更快且更长时间地达到最佳催化性能所需的高温。由于更高的温度,TWC1的催化性能可高于GPF的催化性能,尤其是在非最佳操作条件下。为此,可能有利的是,为TWC1配备比GPF更高的催化剂浓度,使得TWC1中的大部分气体污染物已被去除。

[0047] 此外,可能有利的是,GPF的铂族金属浓度(PGM)低于TWC1中的铂族金属浓度,因为GPF必须配备更少的洗涂层。因此,GPF中的压降可保持相对较低。由于废气流必须通过GPF中的过滤器壁,因此压降的控制是重要的,使得引擎的性能不受损害。总体而言,由于PGM在

系统的装置之间的最佳分布,系统中贵金属的总量可保持相对较低,同时实现高废气净化效率和高发动机性能。

[0048] 在一个优选的实施方案中,TWC1的铂族金属浓度(PGM)比GPF的PGM大至少40%,其中PGM以装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。在该实施方案中,特别是在非最佳操作条件下,可能有利的是,TWC1的催化性能可相对较高地调节,而GPF的压降可保持相对较低,使得可保持良好的发动机性能。

[0049] 在一个优选的实施方案中,TWC1的铂族金属浓度(PGM)大于GPF和TWC2的PGM之和,其中PGM以装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。当相应地调节TWC1的PGM时,整个系统在非最佳条件下可尤其具有高催化效率。由于TWC1位于比GPF和TWC2更靠近发动机的位置,所以它可以更快且更长时间段地达到其最佳高操作温度,并且具有更高的相对催化性能。因此,可能有利的是,总系统的总体催化活性的相对较高部分浓缩在TWC1中,而催化活性的显著较低部分位于GPF和TWC2中。总体而言,这可以是可接受的,因为GPF与来自TWC1的预净化废气接触,该预净化废气包含比原始废气显著更少的气体污染物。此外,TWC2仅与来自GPF的预净化废气接触,该预净化废气仅包含残余的、相对少量的气体污染物。总体而言,可提供一种系统,其中PGM分布在三个装置之间,使得气体污染物和微粒污染物被有效去除,同时压降保持较低并且维持发动机性能。

[0050] 在一个优选的实施方案中,TWC1的铂族金属的总量为1g至15g、优选地2g至10g。在一个优选的实施方案中,GPF的铂族金属的总量为0g至5g、优选地0.05g至5g、更优选地1g至3g。在一个优选的实施方案中,TWC2的铂族金属的总量为0.1g至2g、优选地0.2g至1.5g。总体而言,当相应地调整和分配铂族金属的总量时,可以用该系统以最小的PGM成本有效去除污染物。

[0051] 在一个优选的实施方案中,TWC1包含钯和/或铑。在一个优选的实施方案中,GPF包含钯、铂、铑或它们的混合物。铑在NO<sub>x</sub>的去除中是特别有效的,而钯在CO的去除中是特别有效的。因此,在这些装置中使用这些金属可有利于有效地总体去除废气中的污染物。

[0052] 在一个优选的实施方案中,GPF的铂族金属总量中铑的百分比为至少10重量%、更优选地至少20重量%。这对于在GPF中有效去除NO<sub>x</sub>可能是有利的。

[0053] 在一个优选的实施方案中,TWC2包含铑。在一个优选的实施方案中,TWC2的铂族金属总量中铑的百分比为至少15重量%、更优选地至少25重量%。可能有利的是,TWC2包含一定量的铑以便从预纯化的废气中去除NO<sub>x</sub>,以及其它杂质,诸如CO,这些杂质从GPF排放或不被GPF转化。

[0054] 在一个优选的实施方案中,TWC2不包含铂。可能有利的是,可避免在TWC2中使用昂贵的铂,同时可实现污染物的总体有效去除。

[0055] 根据本发明,TWC2的洗涤层负载(WCL)大于GPF的WCL,其中WCL以装置的体积的g/1为单位测定。

[0056] 一般来讲,GPF中的高WCL可导致高压降,因为废气必须通过GPF的内部过滤器壁和过滤器壁上的催化洗涤层。根据本发明,可能有利的是,GPF的WCL相对较低,因为GPF的压降以及因此整个废气净化系统的压降可保持较低。相比之下,废气通常不横穿三元催化装置的过滤器壁。因此,TWC2中的附加洗涤层一般将不提供与GPF中相当的压降减小。然而,优选的是,GPF设置有具有催化活性的洗涤层。总体而言,可提供具有高催化效率和低压降的有

效总体系统。

[0057] 另外,TWC2的显著WCL可为有利的,因为其可有效去除来自未被GPF转化或从GPF排放的预净化废气的所有残余污染物,尤其是当GPF再生时。因此,整个系统可提供污染物的有效去除。

[0058] 更进一步地,TWC2相对较远离汽油发动机定位。因此,TWC2经受并且经常在比其它上游装置更低的温度下操作。因此,TWC2较少受到老化和伴随的催化剂性能劣化的影响。因此,由于TWC2的催化效率可为相对稳定的,因此可有利地为TWC2提供相对大量的洗涂层。

[0059] 在一个优选的实施方案中,TWC2的洗涂层负载(WCL)为100g/1至300g/1、优选地150g/1至280g/1、更优选地175g/1至260g/1。当相应地调节TWC2的WCL时,催化系统对污染物的相对良好的总体去除是可能的。总体而言,催化剂被有效地使用,因为相比GPF或TWC1,TWC2位于更远离发动机的位置,并且更少受到老化的影响。此外,此类量的洗涂层适于提供从GPF排放的预净化废气的有效整理,由此去除残余污染物。

[0060] 在一个优选的实施方案中,GPF的洗涂层负载(WCL)为0g/1至150g/1、优选地30g/1至130g/1、更优选地50g/1至110g/1。当使GPF的WCL适应此类相对较低的范围时,可将压降调节为低的。此外,系统中催化剂的总量可保持相对较低。涂覆有相对低量的洗涂层的GPF可有效地去除来自包含相对高WCL的TWC1的残余污染物。

[0061] 在一个优选的实施方案中,TWC1的洗涂层负载(WCL)为150g/1至350g/1、优选地180g/1至310g/1、更优选地200g/1至280g/1。当TWC1的WCL以此类相对较高的量使用时,提供了TWC1的高催化性能与由GPF和TWC2有效去除残余污染物的良好组合。还有利的是,在这些相对较高的范围内调节TWC1的WCL,因为TWC1位于最靠近汽油发动机的位置。因此,它比下游装置更快地加热,并且更频繁地实现高的最佳操作温度并持续更长的时间段。此外,高WCL通常向TWC1赋予更高的老化稳定性,这在TWC1闭合联接到发动机并因此在更高温度下操作时是特别有利的。因此,TWC1的相对高的洗涂层负载可有利于污染物的有效初始以及另外的总体去除。总体而言,通过相应地调节装置的WCL,可调节总催化剂的有效用途。

[0062] 此外,TWC1的相对较高的催化效率对于诊断能力可能是有利的。特别是在车载诊断期间,催化性能通常通过监测该系统中的第一催化装置来进行。当TWC1的洗涂层负载和催化性能相对较高时,车载诊断可在仅监测TWC1时提供相对良好的近似结果。因此,诊断结果与实际驾驶排放之间的相对良好的相关性是可能的。

[0063] 在一个优选的实施方案中,TWC1的洗涂层负载(WCL)大于TWC2的WCL,其中WCL以装置的体积的g/1为单位测定。这可能是有利的,因为靠近汽油发动机定位的上游TWC1可更有效地并且更经常地在高温下操作,并且在高操作温度下实现更大的催化效率。由于TWC2仅移除残余污染物,因此其WCL低于TWC1的WCL是适当的。然而,可能有利的是,存在下游TWC2,其去除来自TWC1和GPF的污染物,并且其受到老化的影响小于TWC1。在整个系统中,可能有利的是,车载诊断可用TWC1执行,并且提供与总排放的合理相关性。总体而言,TWC1和TWC2在系统中彼此互补,并且与它们之间的GPF一起提供高过滤效率、高催化效率和低压降的意料不到的组合。

[0064] 在一个实施方案中,TWC1的洗涂层与TWC2的洗涂层相同。这意味着所包含的氧化物及其浓度在两个洗涂层中是相同的。在另一个实施方案中,TWC1和TWC2包括不同的洗涂层。

[0065] TWC催化剂包括储氧材料(OSM),诸如具有多价状态的二氧化铈,该多价状态的二氧化铈允许氧气在不同的空燃比下保持并释放。在富燃条件下,当 $\text{NO}_x$ 被还原时,OSM提供少量氧气以消耗未反应的CO和HC。同样,在稀燃条件下,当CO和HC被氧化时,OSM与过量的氧气和/或 $\text{NO}_x$ 反应。因此,即使在存在富燃料和稀燃料空燃比之间振荡的气氛的情况下,HC、CO和 $\text{NO}_x$ 都同时(或基本上同时)转化。

[0066] 在一个优选的实施方案中,GPF的储氧容量(OSC)高于TWC2的OSC,其中OSC以新鲜状态下装置的体积的mg/1为单位测定。这可能是有利的,因为GPF位于更靠近汽油发动机的位置。因此,GPF比TWC2更快地达到最佳性能所需的高温并达到更长的时间间隔。GPF中相对较高的OSC可以支持和介导GPF中相对有效的催化反应。相比之下,末端TWC2中的相对较低的OSC(其更远离发动机并且不容易达到高温)仍然可以足以去除从GPF排放的相对少量的残余污染物。总体而言,系统中OSC的分布提供污染物的有效总体去除。

[0067] 此外,当发动机在 $\lambda < 1$ 的富燃操作条件下和 $\lambda > 1$ 的稀燃操作条件下交替操作短时间间隔时,与TWC2的OSC相比,GPF的相对较高的OSC可能是有利的。这种操作模式被称为摆动或摆动操作。在摆动模式下,高OSC可为有利的,因为氧气可在稀燃操作条件下有效储存并在富燃操作条件下释放。因此,GPF中的较高OSC支持在此类条件下污染物的有效总体去除。相比之下,TWC2的高OSC与在摆动条件下的操作不太相关,因为大部分污染物已经在TWC1和GPF中去除,使得进入TWC2的残余污染物的绝对浓度相对较低。

[0068] 在一个优选的实施方案中,TWC1的储氧容量(OSC)高于GPF的OSC,其中OSC以新鲜状态下装置的体积的mg/1为单位测定。在一个优选的实施方案中,TWC1的OSC比GPF的OSC大至少40%。TWC1的较高OSC可为有利的,因为其可支持TWC1的相对高的催化效率。TWC1位于最靠近汽油发动机的位置,并且因此在最佳高温下比下游GPF,尤其是比甚至更远的TWC2更频繁地操作。因此,有效的催化反应可在TWC1中比在下游装置中更容易且更频繁地发生。在整个系统中,如果TWC1介导相对较高的催化周转,则通常可能是有利的。然后,从TWC1排放的残余污染物可由下游装置去除,该下游装置可具有较低的OSC。

[0069] 此外,当发动机在 $\lambda < 1$ 的富燃操作条件下和 $\lambda > 1$ 的稀燃操作条件下交替操作短时间间隔时,TWC1的相对高的OSC可能是有利的。这种操作模式被称为摆动或摆动操作。在摆动模式下,高OSC可为有利的,因为氧气可在稀燃操作条件下有效储存并在富燃操作条件下释放到反应中。因此,TWC1中的高OSC支持在此类条件下污染物的有效总体去除。相比之下,GPF的高OSC与在摆动条件下的操作不太相关,因为大部分污染物已经在TWC1中去除,使得污染物的绝对浓度在GPF中相对较低。

[0070] 此外,TWC1中的高OSC可有利于在稀燃操作条件下有效去除 $\text{NO}_x$ 。具有高OSC的TWC1可在稀燃操作条件下结合大量氧气。如果OSC过低,则在稀燃条件下可能存在过多的未结合的氧气,并且 $\text{NO}_x$ 还原为 $\text{N}_2$ 可能受到损害。

[0071] 此外,TWC1的高OSC对于诊断能力可能是有利的。尤其是车载诊断通常用第一催化装置进行。当上游TWC1具有高OSC时,TWC1的车载诊断结果将提供最终排放或实际驾驶排放(RDE)的合理指示。

[0072] 在一个优选的实施方案中,新鲜状态下TWC1的储氧容量(OSC)为400mg至1250mg、优选地500mg至900mg。这可能是有利的,因为当相应地调节OSC时,可在TWC1处实现高催化效率。如上所概述,这对于总体催化效率、摆动模式下的操作和诊断能力可能是有利的。

[0073] 在一个优选的实施方案中,比率 $V_{\text{cat}}/V_{\text{eng}}$ 为至少1,其中 $V_{\text{cat}}$ 为所有装置的总催化剂体积,并且 $V_{\text{eng}}$ 为汽油发动机的发动机位移。因此,总催化剂体积为至少TWC1、TWC2和GPF的体积之和。如本文所用,装置的催化剂体积为总体积,而不仅是内部空隙体积。1或更大的比率是有利的,因为所有装置的相对高的催化剂体积可提供高催化性能。发动机的体积可与操作期间排放的废气的量近似相关。如果总催化剂体积小于发动机体积,则废气净化系统的效率可能过低,尤其是在实际驱动条件下观察到的高质量流量下。为了实现高催化效率,然后可能必须在催化装置中提供相对高的催化剂浓度,这可能导致不期望的压降增大。

[0074] 在一个优选的实施方案中,比率 $V_{\text{cat}}/V_{\text{eng}}$ 为1至5、优选地1.1至4、更优选地1.2至3.5。如果催化剂体积较高,则从汽油发动机至催化装置的热传递可能变得不足。一般来讲,需要从汽油发动机到下游催化装置的有效热传递,使得所述装置可获得最佳的高操作温度。通常,此类催化装置在几百摄氏度的温度下操作以实现最佳性能和催化转化。如果温度低于最佳温度,则可降低催化周转。此外,当总催化体积过高时,难以将催化系统紧凑地集成到车辆中。

[0075] 在一个优选的实施方案中,TWC1的体积( $V_{\text{TWC1}}$ )为总催化剂体积 $V_{\text{cat}}$ 的20%至50%、优选地30%至40%。在该实施方案中,优选的是TWC1的体积大于TWC2的体积。总体而言,相对高体积的TWC1可为有利的,因为TWC1可设置有相对高的催化效率。因此,汽油发动机的大部分气体污染物可在TWC1中去除,该TWC1位于相对靠近发动机的位置并且更容易且频繁地获得相对高的温度。这对于在动态驾驶条件下(例如,在城市交通中或在发动机的冷启动之后)有效去除污染物是特别有利的。此外,诊断能力,尤其是催化效率的车载诊断,通常在上游装置(在这种情况下为TWC1)处进行。因此,TWC1的高效率允许相对良好地监测总体催化效率。

[0076] 在一个优选的实施方案中,GPF的体积( $V_{\text{GPF}}$ )为总催化剂体积 $V_{\text{cat}}$ 的30%至60%、优选地40%至55%。在一个具体实施方案中,GPF的总体积大于TWC1和/或TWC2的总体积。相对高体积的GPF可能是有利的,因为相对高的体积可能与相对低的压降相关联。如果GPF的体积过低,则压降可能增加,这可能导致发动机的低效操作和二氧化碳排放增加。如果GPF是催化GPF,则相对高体积的GPF可能是特别有利的,催化GPF设置有催化剂洗涂层,优选地为TWC洗涂层,这减少了废气可以流过的装置中的空隙体积。当积聚的烟尘颗粒在氧化条件下去除时,相对高体积的GPF对于颗粒的有效储存和有效再生也可能是有利的。

[0077] 在一个优选的实施方案中,TWC2的体积( $V_{\text{TWC2}}$ )为总催化剂体积 $V_{\text{cat}}$ 的10%至40%、优选地15%至35%。当与TWC1和/或GPF相比时,较低体积的TWC2可能是有利的,因为从GPF中去除残余污染物可能需要较少的催化剂,从而TWC2中的催化剂体积较小。因此,可以相对较低的成本提供有效的整个系统,并且催化剂有利地分布在三个装置中。

[0078] 在一个优选的实施方案中,GPF的最小直径与GPF的长度的比率为0.7至3、优选地为0.75至1.6。当相应地调节GPF的尺寸时,可以实现相对有效的颗粒过滤和催化剂性能,同时保持相对低的背压。

[0079] 在高度优选的实施方案中,该系统包括定位在TWC1上游的涡轮增压器。涡轮增压器是涡轮驱动的强制感应装置,其通过迫使额外的空气进入燃烧室来增加内燃机的效率和功率输出。因此,如果提供涡轮增压器,则可能需要更有效的废气净化系统。高效的本发明催化系统特别适用于净化来自汽油发动机和涡轮增压器的废气。优选地,涡轮增压器是汽

油发动机与TWC1之间的唯一附加装置。

[0080] 优选地,从涡轮增压器的出口表面到TWC1的入口表面的距离为1cm至40cm、优选地2cm至30cm、更优选地2cm至20cm。优选地,该距离小于10cm或小于5cm。当涡轮增压器和TWC1的尺寸相应地调节时,TWC1与汽油发动机的紧密联接操作是可行的。然后,可更快速且有效地将热从发动机传递到TWC1和下游催化装置。这可能是有利的,因为TWC1和下游装置中的催化反应在高温下通常更有效。此外,快速热传递支持在冷启动后和动态驾驶条件下(例如,在城市交通中)的有效催化反应。此外,紧密联接的系统可直接集成在汽油发动机后面的空间中。因此,不需要将TWC1或也紧密联接的下游催化装置集成到车辆的底部中。从而,可提供紧凑的集成催化剂系统。此外,TWC1和GPF与发动机的紧密联接通常还可以提供GPF的更高催化效率和GPF的更有效再生。

[0081] 在一个优选的实施方案中,TWC1的出口表面到GPF的入口表面的距离为1cm至60cm、优选地2cm至50cm、更优选地3cm至40cm。优选地,该距离小于20cm或小于10cm。当保持TWC1和GPF之间的距离相对较短时,GPF与汽油发动机的紧密联接连接是可行的。因此,热不仅可以更有效且快速地传递到GPF中,而且也可以传递到下游TWC2中。此外,GPF可以更紧凑地集成到车辆中。此外,催化剂系统可在高温下更有效地再生,并且可具有更高的催化周转。

[0082] 在一个优选的实施方案中,GPF的出口表面与TWC2的入口表面的距离为0cm至120cm、优选地1cm至110cm、更优选地2cm至100cm。优选地,该距离小于20cm或小于10cm。因此,可获得具有如上所述的附加优点的紧密联接系统。总体而言,优选的是系统的所有装置彼此紧密联接并且紧密联接到汽油发动机。

[0083] 在一个优选的实施方案中,TWC1包括至少两个不同的洗涤层。在另一个优选的实施方案中,TWC2包括一个或两个不同的洗涤层。优选地,将洗涤层彼此叠置。在一个优选的实施方案中,不同的洗涤层可以位于GPF的多孔壁的不同表面上。当组合不同的洗涤层时,可组合具有不同催化效率的催化涂层,从而产生在去除污染物的不同级分方面有效的总系统。

[0084] 在另一个实施方案中,当在与TWC1相同的条件下测定GPF的性能时,TWC1在 $\text{NO}_x$ 、CO和/或烃去除方面的催化效率大于GPF的催化效率。这意味着在没有上游TWC1的情况下测定GPF的性能。这可能是有利的,因为TWC1更靠近发动机并且可在较高温度下更有效地操作。此外,TWC1中的高洗涤层负载比GPF中的高洗涤层负载较不显著地影响压降,因为TWC1中的废气不必横穿整料过滤器壁。

[0085] 在另一个实施方案中,当在与GPF相同的条件下测定TWC2的性能时,GPF的催化性能在 $\text{NO}_x$ 、CO和/或烃的去除方面大于TWC2的催化性能。这意味着在没有另外的上游废气净化装置的情况下测定GPF和TWC2的性能。这可能是有利的,因为GPF中的气体污染物水平可高于进入TWC2的预净化废气中的气体污染物水平。因此,相对有效地去除GPF中的污染物可以与最终去除TWC2中的残余污染物相结合。总体而言,系统可设置有三个装置中的过滤效率、TWC效率和低压降的有效组合和调节,其中催化材料高度有效地分布在整个催化剂系统中。

[0086] 优选地,经净化的从TWC2排放的废气包含以下水平的污染物(以mg/km计):

[0087] CO: 小于1000, 优选地小于500, 更优选地小于300

- [0088] THC:小于100,优选地小于50,更优选地小于30
- [0089]  $\text{NO}_x$ :小于60,优选地小于40,更优选地小于30
- [0090] PM:小于0.005,优选地小于0.002,更优选地小于0.001
- [0091] 优选地,颗粒数(PN)小于 $6 \times 10^{11}$ ,优选地小于 $5 \times 10^{11}$ 。
- [0092] 优选地,这些污染物水平根据EURO6中定义的标准测试,测试循环WLTP(参见欧盟委员会法规2007/715和2008/692以及基于2017/1151、2017/134的法规)测定。
- [0093] 本发明的主题也是一种用于净化从汽油发动机排放的废气的方法,该方法包括以下步骤:
- [0094] (a) 提供汽油发动机和本发明的废气净化系统,以及
- [0095] (b) 使从汽油发动机排放的废气通过系统,使得废气被系统净化。
- [0096] 如上所概述,方法使用如上所述的适用于汽油发动机的废气净化系统。其根据从汽油发动机排放的特定废气和污染物情况而定,所述特定废气和污染物不同于来自柴油发动机的废气。
- [0097] 本发明的主题还涉及本发明的废气净化系统用于净化来自汽油发动机的废气的用途。
- [0098] 本发明包括以下实施方案:
- [0099] 1. 一种用于汽油发动机的废气净化系统,所述废气净化系统依次包括以下装置:
- [0100] 第一三元催化剂(TWC1)、汽油微粒过滤器(GPF)和第二三元催化剂(TWC2),
- [0101] 其中所述TWC2的洗涂层负载(WCL)大于所述GPF的WCL,其中所述WCL以所述装置的体积的g/1为单位测定。
- [0102] 2. 根据前述实施方案所述的系统,其中所述GPF的铂族金属浓度(PGM)比所述TWC2的PGM大至少40%,其中所述PGM以所述装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。
- [0103] 3. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC1的铂族金属浓度(PGM)与所述GPF的PGM的比率为1.1至10、优选地1.25至9、更优选地1.45至5,其中所述PGM以所述装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。
- [0104] 4. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC1的铂族金属浓度(PGM)比所述GPF的PGM大至少40%,其中所述PGM以所述装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。
- [0105] 5. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC1的铂族金属浓度(PGM)大于所述GPF和TWC2的PGM之和,其中所述PGM以所述装置的体积的g/ft<sup>3</sup>为单位测定。
- [0106] 6. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC1的铂族金属的总量为1g至15g。
- [0107] 7. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述GPF的铂族金属的总量为0g至5g、优选地0.05g至5g。
- [0108] 8. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC2的铂族金属的总量为0.1g至2g。
- [0109] 9. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC1包含钯和/或铑。
- [0110] 10. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述GPF包含钯、铂、铑或它们的混合物。
- [0111] 11. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述GPF的铂族金属总量中

铑的百分比为至少10重量%。

[0112] 12. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC2包含铑。

[0113] 13. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC2的铂族金属总量中铑的百分比为至少15重量%。

[0114] 14. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC2不包含铂。

[0115] 15. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC2的洗涤层负载(WCL)大于所述GPF的WCL,其中所述WCL以所述装置的体积的g/l为单位测定。

[0116] 16. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC2的洗涤层负载(WCL)为100g/l至300g/l、优选地150g/l至280g/l、更优选地175g/l至260g/l。

[0117] 17. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述GPF的洗涤层负载(WCL)为0g/l至150g/l、优选地30g/l至130g/l、更优选地50g/l至110g/l。

[0118] 18. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC1的洗涤层负载(WCL)为150g/l至350g/l、优选地180g/l至310g/l、更优选地200g/l至280g/l。

[0119] 19. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC1的洗涤层负载(WCL)大于所述TWC2的WCL,其中所述WCL以所述装置的体积的g/l为单位测定。

[0120] 20. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述GPF的储氧容量(OSC)大于所述TWC2的OSC,其中所述OSC以所述装置的体积的mg/l为单位测定。

[0121] 21. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC1的储氧容量(OSC)大于所述GPF的OSC,其中所述OSC以所述装置的体积的mg/l为单位测定。

[0122] 22. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC1的储氧容量(OSC)为400mg至1250mg、优选地500mg至900mg。

[0123] 23. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述比率 $V_{cat}/V_{eng}$ 为至少1,其中 $V_{cat}$ 为所有装置的总催化剂体积,并且 $V_{eng}$ 为所述汽油发动机的发动机位移。

[0124] 24. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述比率 $V_{cat}/V_{eng}$ 为1至5、优选地1.1至4、更优选地1.2至3.5。

[0125] 25. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC1的体积( $V_{TWC1}$ )为所述总催化剂体积 $V_{cat}$ 的20%至50%、优选地30%至40%。

[0126] 26. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述GPF的体积( $V_{GPF}$ )为所述总催化剂体积 $V_{cat}$ 的30%至60%、优选地40%至55%。

[0127] 27. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC2的体积( $V_{TWC2}$ )为所述总催化剂体积 $V_{cat}$ 的10%至40%、优选地15%至35%。

[0128] 28. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述GPF的最小直径与所述GPF的长度之比为0.7至3、优选地0.75至1.6。

[0129] 29. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述系统包括定位在所述TWC1上游的涡轮增压器,其中所述涡轮增压器的出口表面与所述TWC1的入口表面的距离为1cm至40cm、优选地2cm至30cm、更优选地2cm至20cm。

[0130] 30. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC1的出口表面与所述GPF的入口表面的距离为1cm至60cm、优选地2cm至50cm、更优选地3cm至40cm。

[0131] 31. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述GPF的出口表面与所述

TWC2的入口表面的距离为0cm至120cm、优选地1cm至110cm、更优选地2cm至100cm。

[0132] 32. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC1包括至少两个不同的洗涂层。

[0133] 33. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中所述TWC2包括一个或两个不同的洗涂层。

[0134] 34. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中当在与所述TWC1相同的条件下测定所述GPF的性能时,所述TWC1在 $\text{NO}_x$ 、CO和/或烃去除方面的催化性能大于GPF的催化性能。

[0135] 35. 根据前述实施方案中的至少一项所述的系统,其中当在与所述GPF相同的条件下测定所述TWC2的性能时,所述GPF在 $\text{NO}_x$ 、CO和/或烃的去除方面的催化性能大于所述TWC2的催化性能。

[0136] 36. 一种用于净化从汽油发动机排放的废气的方法,所述方法包括以下步骤:

[0137] (a) 提供汽油发动机和根据前述实施方案中任一项所述的废气净化系统,以及

[0138] (b) 使从所述汽油发动机排放的废气通过所述系统,使得所述废气在所述系统中被净化。

[0139] 37. 根据前述实施方案中任一项所述的废气净化系统用于净化来自汽油发动机的废气的用途。