



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101627191 B

(45) 授权公告日 2011. 12. 28

(21) 申请号 200880007488. 3

F01N 3/28(2006. 01)

(22) 申请日 2008. 03. 06

F01N 3/08(2006. 01)

(30) 优先权数据

057674/2007 2007. 03. 07 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 09. 07

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/054550 2008. 03. 06

(87) PCT申请的公布数据

W02008/108499 JA 2008. 09. 12

(73) 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

(72) 发明人 泽田裕 岩崎靖志 木所徹

今村晋一郎

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 段承恩 杨光军

(51) Int. Cl.

F02D 41/04(2006. 01)

B01D 53/94(2006. 01)

F01N 3/20(2006. 01)

F01N 3/24(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1611751 A, 2005. 05. 04, 全文.

JP 特开 2003-293745 A, 2003. 10. 15, 全文.

JP 特开 2001-124733 A, 2001. 05. 11, 全文.

JP 特开 2002-266629 A, 2002. 09. 18, 说明书第 0054 段.

JP 特开 2001-355485 A, 2001. 12. 26, 全文.

JP 特开 2005-54604 A, 2005. 03. 03, 说明书第 0045-0052 段.

JP 特开 2005-54604 A, 2005. 03. 03, 说明书第 0045-0052 段.

审查员 向启雄

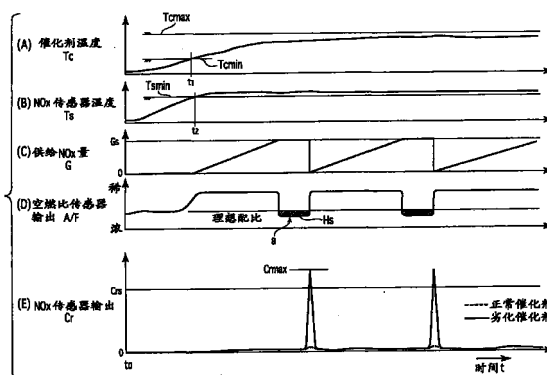
权利要求书 1 页 说明书 13 页 附图 7 页

(54) 发明名称

NO_x 催化剂的劣化诊断装置

(57) 摘要

将作为劣化和正常的分界的标准催化剂能够吸藏的 NO_x 量供给到吸藏还原型 NO_x 催化剂, 然后由暂时浓空燃比操作供给与该 NO_x 量相应的还原剂量, 根据此时的 NO_x 传感器的输出来判定 NO_x 催化剂的劣化。因为仅通过 NO_x 传感器输出的大小来判定 NO_x 催化剂的劣化, 所以能够执行高精度的劣化诊断, 因为在催化剂正常的期间不会供给过剩的还原剂, 所以能够防止燃料经济性的恶化。



1. 一种 NO_x 催化剂的劣化诊断装置,其特征在于,具备:
设置于内燃机的排气通路的吸藏还原型 NO_x 催化剂;
暂时浓空燃比操作单元,其执行暂时浓空燃比操作,该暂时浓空燃比操作供给用于使所述 NO_x 催化剂释放吸藏 NO_x 的还原剂;
设置于所述 NO_x 催化剂的下游侧的 NO_x 传感器;
算出供给到所述 NO_x 催化剂的 NO_x 量的算出单元;
劣化判定单元,其在由所述算出单元算出的供给 NO_x 量达到作为劣化和正常的分界的标准催化剂能够吸藏的 NO_x 量时,基于在与标准催化剂能够吸藏的 NO_x 量相应的量的还原剂被供给到所述 NO_x 催化剂时的所述 NO_x 传感器的输出,判定所述 NO_x 催化剂的劣化。
2. 根据权利要求 1 所述的 NO_x 催化剂的劣化诊断装置,其特征在于,
所述 NO_x 传感器能够检测排气中的氨。
3. 根据权利要求 1 所述的 NO_x 催化剂的劣化诊断装置,其特征在于,
所述劣化判定单元,在所述 NO_x 传感器的输出值变为了预定的劣化判定值以上时将所述 NO_x 催化剂判定为劣化。
4. 一种 NO_x 催化剂的劣化诊断装置,其特征在于,具备:
设置于内燃机的排气通路的吸藏还原型 NO_x 催化剂;
暂时浓空燃比操作单元,其执行暂时浓空燃比操作,该暂时浓空燃比操作供给用于使所述 NO_x 催化剂释放吸藏 NO_x 的还原剂;
设置于所述 NO_x 催化剂的下游侧的 NO_x 传感器;
算出单元,其算出供给到所述 NO_x 催化剂的 NO_x 量;和
判定所述 NO_x 催化剂的劣化的劣化判定单元,
在由所述算出单元算出的供给 NO_x 量达到了预定值时由所述暂时浓空燃比操作单元供给与该供给 NO_x 量相应的量的还原剂,阶段式地增加这些供给 NO_x 量和供给还原剂量并每次取得所述 NO_x 传感器的最大输出值,基于与该取得的 NO_x 传感器最大输出值的至少一个对应的供给 NO_x 量,由所述劣化判定单元判定所述 NO_x 催化剂的劣化。
5. 根据权利要求 4 所述的 NO_x 催化剂的劣化诊断装置,其特征在于,
所述劣化判定单元,将与变为预定的阈值以上的 NO_x 传感器最大输出值相对应的供给 NO_x 量的最小值与预定的劣化判定值进行比较来判定所述 NO_x 催化剂的劣化。
6. 根据权利要求 4 所述的 NO_x 催化剂的劣化诊断装置,其特征在于,
所述劣化判定单元,决定表示关于变为预定的阈值以上的 NO_x 传感器最大输出值与供给 NO_x 量的关系的回归直线,在该回归直线上决定对应于所述阈值的供给 NO_x 量,并且将该决定了的供给 NO_x 量与预定的劣化判定值进行比较来判定所述 NO_x 催化剂的劣化。
7. 根据权利要求 5 所述的 NO_x 催化剂的劣化诊断装置,其特征在于,
所述预定的劣化判定值是等于作为劣化和正常的分界的标准催化剂能够吸藏的 NO_x 量的值。

NO_x 催化剂的劣化诊断装置

技术领域

[0001] 本发明涉及 NO_x 催化剂的劣化诊断装置,特别涉及用于诊断设置于内燃机的排气通路的吸藏还原型 NO_x 催化剂的劣化的装置。

背景技术

[0002] 一般,作为配置于柴油发动机、稀薄燃烧汽油发动机等内燃机的排气系统的排气净化装置,已知用于净化包含于排气中的 NO_x(氮氧化物)的 NO_x 催化剂。作为该 NO_x 催化剂,已知有各种类型,但其中公知有吸藏并除去排气中的 NO_x 的吸藏还原型 NO_x 催化剂(NSR:NO_x StorageReduction)。吸藏还原型 NO_x 催化剂具有如下的 NO_x 的吸收释放作用:在供给的排气的空燃比比预定值(典型的是理论空燃比)稀(即、氧过剩环境)时吸藏排气中的 NO_x,在供给的排气的空燃比比预定值浓(即、氧不足环境)时将已吸藏的 NO_x 释放并还原为 N₂。

[0003] 另一方面,例如在搭载于汽车的发动机的情况下,为了事先防止在排气已恶化的状态下的行驶,根据各国法规等都要求在车载状态(on board)下诊断催化剂的劣化(OBD; On-Board Diagnosis:车载自我诊断)。因此,对于吸藏还原型 NO_x 催化剂也存在用于诊断其劣化的各种现有技术。

[0004] 当吸藏还原型 NO_x 催化剂劣化时,催化剂吸藏 NO_x 的能力、即催化剂能够吸藏的 NO_x 量降低。由此,作为 NO_x 催化剂劣化检测的代表性方法,存在测量 NO_x 催化剂的 NO_x 吸藏能力并将其与预定的劣化判定值进行比较的方法。

[0005] 作为关联技术,例如在专利第 3316066 号说明书中公开了:将 NO_x 浓度传感器设置于 NO_x 催化剂的下游位置,对根据该 NO_x 浓度传感器的实际的 NO_x 浓度所得的 NO_x 排出量按预定时间进行积分,根据该积分值诊断 NO_x 催化剂有无故障。另外,在专利第 3589179 号说明书中公开了:在为了从 NO_x 催化剂(NO_x 吸收剂)释放 NO_x 而供给还原剂时,利用将没有用于释放 NO_x 的剩余的还原剂以氨的形式排出到 NO_x 催化剂下游,检测 NO_x 催化剂的劣化程度。其中,检测 NO_x 催化剂下游的氨浓度,并且根据该氨浓度的变化来求得表示剩余的还原剂量的代表值,基于该代表值来检测 NO_x 催化剂的劣化程度。NO_x 催化剂下游的氨浓度由能够检测排气中的 NO_x 浓度以及氨浓度两者的传感器来检测。

[0006] 现在,汽车的排气限制变得非常严格,NO_x 排放限制值变为非常小的值,将 NO_x 催化剂应该判定为劣化的 NO_x 排放的值、即 OBD 限制值也变为非常小的值。特别,在美国 SULEV(Super Ultra Low EmissionVehicle,超低排放车)中,与欧洲 STEP IV 等相比,不仅排放限制值严格,而且 OBD 限制值是排放限制值的 1.75 倍,也非常严格。也就是说,从排放限制值到 OBD 限制值的排放级别以及催化剂劣化度的差别很小,必须区分该微小的差别。因此,关于 NO_x 催化剂的劣化判断,也要求更高的诊断精度。

[0007] 例如专利第 3316066 号说明书所记载的技术,对基于 NO_x 催化剂下游的 NO_x 浓度传感器的输出值的 NO_x 排出量进行积分,根据该积分值诊断 NO_x 催化剂有无故障。但是,这里所说的 NO_x 排出量,是没有由 NO_x 催化剂进行任何处理而仅经过了 NO_x 催化剂的 NO_x(称

为“经过的 NO_x）的排出量，NO_x 浓度传感器的输出值自身很微小。一般而言，传感器输出值越小，则误差比例变得越大，所以如果还考虑传感器的误差，存在对含有较大误差部分的值进行积分并用于故障诊断的可能性，在确保高诊断精度这一点上未必充分。

[0008] 另外，在专利第 3589179 号说明书所记载的技术中，减少供给到 NO_x 催化剂的还原剂量之中剩余的还原剂量，计算从 NO_x 催化剂释放 NO_x 所需要的充分而没有过量不足的还原剂量。并且在适量的还原剂量低于预定值时，视为 NO_x 催化剂的 NO_x 吸藏能力充分降低，判定为 NO_x 催化剂劣化（段落 0065 ~ 0068，参照图 9）。也就是说，专利第 3589179 号说明书所记载的技术成为如下技术：测量 NO_x 催化剂的 NO_x 吸藏能力并将其与预定的劣化判定值进行比较。

[0009] 在这种技术的情况下，将剩余的还原剂量用于计算适量的还原剂量，在适量的还原剂量多的情况下或者少的情况下（即、在 NO_x 吸藏能力高的情况下或者低的情况下），都一直进行反馈控制，使得还原剂量变为适量。由此，必然地，比较频繁地产生剩余的还原剂量，但还原剂量变得过剩即引起燃料经济性的恶化。

发明内容

[0010] 本发明是鉴于以上的情况而作成的，其目的在于提供一种 NO_x 催化剂的劣化诊断装置，该劣化诊断装置能够以高精度而不引起燃料经济性恶化地检测吸藏还原型 NO_x 催化剂的劣化。

[0011] 根据本发明的第 1 方式，提供一种 NO_x 催化剂的劣化诊断装置，其特征在于，具备：

[0012] 设置于内燃机的排气通路的吸藏还原型 NO_x 催化剂；

[0013] 暂时浓空燃比操作单元，其执行暂时浓空燃比操作，该暂时浓空燃比操作用来供给用于使所述 NO_x 催化剂释放吸藏 NO_x 的还原剂；

[0014] 设置于所述 NO_x 催化剂的下游侧的 NO_x 传感器；和

[0015] 劣化判定单元，其基于在与作为劣化和正常的分界的标准催化剂能够吸藏的 NO_x 量相应的量的还原剂被供给到所述 NO_x 催化剂时的所述 NO_x 传感器的输出，判定所述 NO_x 催化剂的劣化。

[0016] 根据该本发明的第 1 方式，基于在与标准催化剂能够吸藏的 NO_x 量相应的量的还原剂被供给到 NO_x 催化剂时的 NO_x 传感器的输出，判定 NO_x 催化剂的劣化。在正常催化剂的情况下，即使供给这样的还原剂量，也只能得到较小的 NO_x 传感器输出，相反在劣化催化剂的情况下，当供给这样的还原剂量时 NO_x 传感器的输出变大。利用该特性，只通过 NO_x 传感器输出的大小就能够判定 NO_x 催化剂的劣化。

[0017] 本发明的第 1 方式，不像专利第 3316066 号说明书所记载的技术那样将含有较多误差部分的微小的 NO_x 传感器输出值进一步进行积分，并使用误差部分被扩大后的积分值来进行劣化诊断，而是使用相对较大的传感器输出值来进行劣化诊断。由此能够减少传感器误差的影响，并确保高诊断精度，能够区分催化剂劣化度的微小差别。另外，车辆上的劣化诊断在 NO_x 催化剂从新品（正常）的状态慢慢劣化的方向进行，但是在正常催化剂的情况下时每次劣化诊断时，仅仅吸藏比催化剂自身持有的 NO_x 吸藏能力少的标准相当的 NO_x 量，另外仅仅供给与其相应的标准相当的还原剂量。由此在劣化诊断时还原剂不会被过剩

地供给。还原剂被过剩地供给仅发生在催化剂已劣化时。而且如果检测到催化剂已劣化,则向用户发出警告,更换催化剂。由此通常能够贯穿催化剂的生命周期来防止劣化诊断时供给过剩的还原剂,防止燃料经济性的恶化。

[0018] 本发明的第 2 方式,其特征在于,在所述第 1 方式中,

[0019] 所述 NO_x 传感器能够检测排气中的氨。

[0020] 本发明的第 3 方式,其特征在于,在所述第 1 或者第 2 方式中,

[0021] 所述劣化诊断装置具备算出单元,该算出单元算出供给到所述 NO_x 催化剂的 NO_x 量,

[0022] 在由所述算出单元算出了与所述标准催化剂能够吸藏的 NO_x 量相等的量的供给 NO_x 量时,所述暂时浓空燃比操作单元供给与所述标准催化剂能够吸藏的 NO_x 量相应的量的还原剂。

[0023] 本发明的第 4 方式,其特征在于,在所述第 1 至第 3 的任一方式中,

[0024] 所述劣化判定单元,在所述 NO_x 传感器的输出值变为了预定的劣化判定值以上时将所述 NO_x 催化剂判定为劣化。

[0025] 根据本发明的第 5 方式,提供一种 NO_x 催化剂的劣化诊断装置,其特征在于,具备:

[0026] 设置于内燃机的排气通路的吸藏还原型 NO_x 催化剂;

[0027] 暂时浓空燃比操作单元,其执行暂时浓空燃比操作,该暂时浓空燃比操作供给用于使所述 NO_x 催化剂释放吸藏 NO_x 的还原剂;

[0028] 设置于所述 NO_x 催化剂的下游侧的 NO_x 传感器;

[0029] 算出单元,其算出供给到所述 NO_x 催化剂的 NO_x 量;和

[0030] 判定所述 NO_x 催化剂的劣化的劣化判定单元,

[0031] 在由所述算出单元算出的供给 NO_x 量达到了预定值时由所述暂时浓空燃比操作单元供给与该供给 NO_x 量相应的量的还原剂,阶段式地增加这些供给 NO_x 量和供给还原剂并每次取得所述 NO_x 传感器的最大输出值,基于与该取得的 NO_x 传感器最大输出值的至少一个对应的供给 NO_x 量,由所述劣化判定单元判定所述 NO_x 催化剂的劣化。

[0032] 本发明的第 6 方式,其特征在于,在所述第 5 方式中,

[0033] 所述劣化判定单元,将与变为预定的阈值以上的 NO_x 传感器最大输出值相对应的供给 NO_x 量的最小值与预定的劣化判定值进行比较来判定所述 NO_x 催化剂的劣化。

[0034] 本发明的第 7 方式,其特征在于,在所述第 5 方式中,

[0035] 所述劣化判定单元,决定表示关于变为预定的阈值以上的 NO_x 传感器最大输出值与供给 NO_x 量的关系的回归直线,在该回归直线上决定对应于所述阈值的供给 NO_x 量,并且将该决定了的供给 NO_x 量与预定的劣化判定值进行比较来判定所述 NO_x 催化剂的劣化。

[0036] 本发明的第 8 方式,其特征在于,在所述第 6 或第 7 方式中,

[0037] 所述预定的劣化判定值是等于作为劣化和正常的分界的标准催化剂能够吸藏的 NO_x 量的值。

[0038] 根据本发明,发挥了能够以高精度而不引起燃料经济性恶化地检测吸藏还原型 NO_x 催化剂的劣化这样优良的效果。

附图说明

- [0039] 图 1 是本发明实施方式的内燃机的概略的系统图。
- [0040] 图 2 是表示交替地反复进行稀薄燃烧运行和暂时浓空燃比操作 (richspike operation) 时的催化剂后 NO_x 传感器的输出变化的情形的图。
- [0041] 图 3 是用于说明 NO_x 催化剂劣化诊断的第 1 方式的具体例子的时间图。
- [0042] 图 4 是表示第 1 方式的处理内容的流程图。
- [0043] 图 5 是用于说明 NO_x 催化剂劣化诊断的第 2 方式的坐标图。
- [0044] 图 6 是表示第 2 方式的处理内容的流程图。
- [0045] 图 7 是用于说明 NO_x 催化剂劣化诊断的第 3 方式的时间图。

具体实施方式

[0046] 以下,参照附图说明用于实施本发明的最佳方式。

[0047] 图 1 是本发明的一种实施方式的内燃机的概略的系统图。如图所示,内燃机 1,在形成于气缸体 2 的燃烧室 3 的内部使燃料与空气的混合气燃烧,通过使活塞 4 在燃烧室 3 内往复移动来产生动力。内燃机 1 是车辆用多气缸发动机(仅图示一个气缸),是火花点火式内燃机,更具体的是汽油发动机。但是,本发明适用的内燃机并不限于火花点火式内燃机,例如也可以是压缩着火式内燃机、即柴油发动机。

[0048] 在内燃机 1 的气缸盖上按各气缸配设有开闭进气口的进气门 V_i、和开闭排气口的排气门 V_e。各进气门 V_i 和各排气门 V_e 通过未图示的凸轮轴进行开闭。另外,在气缸盖的顶部按各气缸安装有用于对燃烧室 3 内的混合气进行点火的火花塞 7。此外在气缸盖上按各气缸配设有喷射器(燃料喷射阀)12,向燃烧室 3 直接进行燃料喷射。活塞 4 被构成为所谓的顶面深碟(deep-dish crown)型,在其上表面形成有凹部 4a。并且,在内燃机 1 中,在使空气进入到燃烧室 3 内的状态下,从喷射器 12 朝向活塞 4 的凹部 4a 直接喷射燃料。由此,在火花塞 7 的附近,燃料与空气的混合气层在与周围的空气层相分离的状态下形成(成层化),执行稳定的成层燃烧。

[0049] 各气缸的进气口经由每个气缸的支管连接到作为进气集合室的气室(surge tank)8。在气室 8 的上游侧连接有作为进气集合通路的进气管 13,在进气管 13 的上游侧设置有空气滤清器 9。并且在进气管 13 上,从上游侧依次组装有用于检测吸入空气量的空气流量计 5、和电子控制式节气门 10。此外由进气口、气室 8 以及进气管 13 形成进气通路。

[0050] 另一方面,各气缸的排气口经由每个气缸的支管连接到作为排气集合通路的排气管 6。由这些排气口、支管以及排气管 6 形成排气通路。在排气管 6 上,将能够同时净化排气中的 CO、HC、NO_x 的三元催化剂 11 设置于其上游侧,将能够净化排气中的 NO_x 的 NO_x 催化剂 16 设置于其下游侧。在本实施方式中,使用将三元催化剂 11 和 NO_x 催化剂 16 收容于同一壳体的 CCL 催化剂单元(CCL: Catalytic Converter Lean),但是并不限于此,也可以将三元催化剂 11 和 NO_x 催化剂 16 收容于各自的壳体而分别配置。三元催化剂 11 并不是必须的,可以省略。例如在柴油发动机的情况下,不设置三元催化剂的例子较多。

[0051] 在三元催化剂 11 的上游侧设置有用于检测排气的空燃比(A/F)的空燃比传感器 17。另外,在 NO_x 催化剂 16 的下游侧设置有用于检测排气的 NO_x 浓度的 NO_x 传感器、即催化剂后 NO_x 传感器 18。空燃比传感器 17 由所谓的广域空燃比传感器构成,能够连续地检测

跨越比较广范围的空燃比,输出与该空燃比成比例的电流信号。但是并不限于此,空燃比传感器 17 也可以由以理论空燃比(理想配比)为界使输出电压急剧变化的所谓 O_2 传感器构成。

[0052] 催化剂后 NO_x 传感器 18 输出与排气的 NO_x 浓度成比例的电流信号。特别地,催化剂后 NO_x 传感器 18,不仅能够检测排气中的 NO_x ,还能够检测排气中的氨(NH_3),是所谓的临界电流式 NO_x 传感器。该种 NO_x 传感器在专利文献 2 等中公开。催化剂后 NO_x 传感器 18,在其内部将排气中的 NO_x (特别是 NO) 分解成 N_2 和 O_2 ,通过基于该 O_2 的氧离子的电极间移动而产生与氧离子量成比例的电流输出。另一方面,催化剂后 NO_x 传感器 18,在其内部将排气中的 NH_3 分解成 NO 和 H_2O ,进一步将该 NO 分解成 N_2 和 O_2 ,然后以与 NO_x 的情况同样的原理产生电流输出。催化剂后 NO_x 传感器 18,产生与 NO_x 浓度与氨浓度的合计浓度成比例的输出,不能区别 NO_x 浓度与氨浓度来产生输出。

[0053] 上述的火花塞 7、节气门 10 以及喷射器 12 等电连接于作为控制单元的电子控制单元(以下称为“ECU”)20。ECU20 包括都没有图示的 CPU、ROM、RAM、输入输出端口、以及存储装置等。另外,如图所示,在 ECU20 上,经由未图示的 A/D 变换器等,除了电连接有所述的空气流量计 5、空燃比传感器 17、催化剂后 NO_x 传感器 18 之外,还电连接有检测内燃机 1 的曲轴转角的曲轴转角传感器 14、检测加速踏板开度的加速踏板开度传感器 15、分别设置于 NO_x 催化剂 16 的上下游侧的排气温传感器即催化剂前排气温传感器 21 以及催化剂后排气温传感器 22、其他的各种传感器。ECU20 根据各种传感器的检测值等,以使得得到所希望的输出的方式,控制火花塞 7、节气门 10、喷射器 12 等,控制点火正时、燃料喷射量、燃料喷射时间、节气门开度等。此外催化剂前排气温传感器 21 设置在三元催化剂 11 与 NO_x 催化剂 16 之间的位置。催化剂后 NO_x 传感器 18 采用带加热器的传感器,催化剂后 NO_x 传感器 18 的温度控制(加热器控制)由 ECU20 来执行。曲轴转角传感器 14 的输出也用于发动机旋转速度 N_e 的检测。

[0054] 三元催化剂 11,在流入该三元催化剂的排气的空燃比处于理论空燃比(例如 $A/F = 14.6$) 附近时,同时净化 CO 、 HC 以及 NO_x 。能够同时高效地净化这三者的空燃比的幅度(window) 比较狭小。由此为了使三元催化剂 11 有效地工作,作为空燃比控制的一种方式,控制混合气的空燃比,使得流入三元催化剂 11 的排气的空燃比变到理论空燃比附近。将其称作理想配比控制(stoichiometric control),将执行理想配比控制时的发动机的运行方式称为理想配比运行。在该理想配比控制中将目标空燃比与理论空燃比设定得相等,对从喷射器 12 喷射的燃料喷射量以及空燃比进行反馈控制,使得由空燃比传感器 17 检测出的空燃比变得等于目标空燃比。

[0055] 另一方面,从降低油耗等的观点出发,作为空燃比控制的另一方式,存在目标空燃比被设定为比理论空燃比高的值即稀薄的值的情况。将其称为稀薄燃烧控制,将执行稀薄燃烧控制时的发动机的运行方式称为稀薄燃烧运行。此外稀薄燃烧控制时也与理想配比控制时同样,对燃料喷射量以及空燃比进行反馈控制,使得由空燃比传感器 17 检测出的空燃比变得等于目标空燃比。在稀薄燃烧控制时,存在如下的情况:从发动机排出的排气的空燃比被设为实质上不可能由三元催化剂 11 进行 NO_x 净化的程度的稀薄的值。在这种情况下,为了净化通过三元催化剂 11 的 NO_x ,将 NO_x 催化剂 16 设置于三元催化剂 11 的下游侧。

[0056] NO_x 催化剂 16 使用吸藏还原型 NO_x 催化剂(NSR: NO_x StorageReduction)。该吸

藏还原型 NO_x 催化剂被构成为 : 将作为催化剂成分的白金 Pt 这样的贵金属和 NO_x 吸收成分担载于由 Al₂O₃ 等氧化铝形成的基材表面。NO_x 吸收成分包括 : 从例如钾 K、钠 Na、锂 Li、铯 Cs 这样的碱金属 ; 钡 Ba、钙 Ca 这样的碱土类 ; 镧 La、钇 Y 这样的稀土类选出的至少一种。

[0057] 吸藏还原型 NO_x 催化剂 16 进行如下的 NO_x 吸收释放作用 : 在流入该 NO_x 催化剂的排气的空燃比稀于理论空燃比时以硝酸盐的形式吸藏排气中的 NO_x, 在流入该 NO_x 催化剂的排气的空燃比等于或者浓于理论空燃比时将已吸藏的 NO_x 释放。在稀薄燃烧运行中, 排气空燃比稀于理论空燃比, NO_x 催化剂 16 吸收排气中的 NO_x。另一方面, 当 NO_x 催化剂 16 吸藏 NO_x 达到饱和状态即满满时, NO_x 催化剂 16 不能再吸藏 NO_x, 所以为了从 NO_x 催化剂释放吸藏 NO_x, 执行将还原剂供给到 NO_x 催化剂 16 的暂时浓空燃比操作。此外, 将这样从 NO_x 催化剂 16 释放吸藏 NO_x 而恢复 NO_x 催化剂 16 的 NO_x 吸藏能力称为 NO_x 再生。从 NO_x 催化剂释放 (脱离) 的 NO_x, 与周围的还原剂 (例如, H₂、CO) 反应而被还原, 变为 N₂ 并被排出到催化剂下游。

[0058] 暂时浓空燃比操作在本实施方式中由以下的暂时浓空燃比操作控制来实现。也就是说, 将目标空燃比暂时设定为理论空燃比或者浓于理论空燃比的值, 将混合气更确切地说是排气的空燃比控制为理论空燃比或者低于理论空燃比的浓的值。排气的实际的空燃比与理论空燃比的差相当于瞬时的还原剂量。

[0059] 此外, 关于暂时浓空燃比操作, 除此以外还存在各种方法。例如, 存在如下的方法 : 在 NO_x 催化剂上游侧另外设置还原剂供给阀, 对还原剂供给阀进行开阀控制而将还原剂供给到排气中。作为替代, 可以进行所谓的补充喷射 (post injection), 即在膨胀冲程后期或者排气冲程中将燃料从喷射器 12 喷射到燃烧室 3, 使排气中含有的未燃燃料较多。

[0060] 在通过暂时浓空燃比操作将还原剂供给到 NO_x 催化剂 16 的情况下, 在 NO_x 催化剂 16 内还原剂 (例如, H₂、CO) 与排气中的 N₂ 进行反应, 生成氨 NH₃。然后该氨 NH₃ 与从 NO_x 催化剂 16 脱离出的 NO_x 进行反应, 其结果是 NO_x 被还原而变为 N₂。另一方面, 当供给过剩的还原剂时, 虽然吸藏于 NO_x 催化剂 16 的 NO_x 被全部释放还原, 但是从 NO_x 的释放还原没有使用到的还原剂 (H₂、CO) 生成氨 NH₃, 排出到 NO_x 催化剂 16 的下游侧。

[0061] NO_x 催化剂 16 的 NO_x 吸收释放作用在 NO_x 催化剂 16 不处于预定的工作温度域时实质上不能进行。于是在本实施方式中检测或者推定 NO_x 催化剂 16 的温度 (催化剂床温)。NO_x 催化剂 16 的温度能够由埋设于 NO_x 催化剂的温度传感器直接检测, 但是在本实施方式中推定该温度。具体来说, ECU20 基于由催化剂前排气温度传感器 21 和催化剂后排气温度传感器 22 分别检测出的催化剂前排气温度和催化剂后排气温度, 推定催化剂温度。此外推定方法并不限于这样的例子。

[0062] 接下来, 对 NO_x 催化剂 16 的劣化诊断进行说明。

[0063] 概括地说, 在此所述的劣化诊断的第 1 方式的特征是 : 将与作为劣化和正常的分界的标准催化剂能够吸藏的 NO_x 量相应的量的还原剂供给到 NO_x 催化剂 16, 基于此时的催化剂后 NO_x 传感器 18 的输出, 判定 NO_x 催化剂 16 的劣化。

[0064] 在此对“标准催化剂”进行说明, NO_x 催化剂, 其越劣化则能够吸藏的 NO_x 量、即 NO_x 吸藏能力越低。并且在能够吸藏的 NO_x 量低于预定值 (典型地为相当于所述 OBD 限制值) 的时刻, NO_x 催化剂必须被判定为劣化。具有等于该预定值的 NO_x 吸藏能力的 NO_x 催化剂为标准催化剂。具有等于或者高于标准催化剂的 NO_x 吸藏能力的 NO_x 催化剂必须判定为正

常,相反,具有低于标准催化剂的 NO_x 吸藏能力的 NO_x 催化剂必须判定为劣化。

[0065] 这样的标准催化剂能够吸藏的 NO_x 量(称为“标准 NO_x 量”),预先通过实机试验(production version test)等来把握。另外,与标准 NO_x 量相应的还原剂量(称为“标准还原剂量”)、即将 NO_x 催化剂所吸藏的标准 NO_x 量的 NO_x 释放还原所充分需要的没有过量不足的还原剂量,也预先通过实机试验等来把握。

[0066] 在 NO_x 催化剂 16 吸藏有标准 NO_x 量以上的 NO_x、且由暂时浓空燃比操作将标准还原剂量供给到 NO_x 催化剂 16 的情况下,还原剂量变得不足或适量,不会向 NO_x 催化剂下游侧排出由剩余的还原剂生成的氨。由此,在 NO_x 催化剂下游侧催化剂后传感器 18 不会检测到氨,能够据此判定为 NO_x 催化剂 16 正常。

[0067] 另一方面,当 NO_x 催化剂 16 不能吸藏标准 NO_x 量的 NO_x,在满满的状态下仅能吸藏少于标准 NO_x 量的 NO_x 时,即使将标准还原剂量供给到 NO_x 催化剂 16,还原剂量也变得过剩,由剩余的还原剂生成的氨被排出到 NO_x 催化剂 16 的下游侧。由此,通过由催化剂后 NO_x 传感器 18 检测该氨,能够判定 NO_x 催化剂 16 劣化。

[0068] 图 2 是表示交替地反复稀薄燃烧运行和暂时浓空燃比操作时的催化剂后 NO_x 传感器 18 的输出变化的情形的图。(A) 是空燃比传感器 17 的输出(向空燃比 A/F 换算的换算值),表示供给到 NO_x 催化剂 16 的排气的空燃比。(B) 表示在 NO_x 催化剂 16 是正常催化剂的情况下的催化剂后 NO_x 传感器 18 的输出(向 NO_x 浓度 Cr 换算的换算值,以下同样),(C) 表示在 NO_x 催化剂 16 是标准催化剂的情况下的催化剂后 NO_x 传感器 18 的输出,(D) 表示在 NO_x 催化剂 16 是劣化催化剂的情况下的催化剂后 NO_x 传感器 18 的输出。在此,设为:在稀薄燃烧时标准 NO_x 量的 NO_x 被供给到 NO_x 催化剂 16,在暂时浓空燃比操作时标准还原剂量的还原剂被供给到 NO_x 催化剂 16。

[0069] 如 (B) 所示,在 NO_x 催化剂 16 是正常催化剂的情况下,催化剂后 NO_x 传感器 18 的输出值通常处于零附近,没有检测到 NO_x、氨。这是因为:在稀薄燃烧时排气中的 NO_x 被吸藏于 NO_x 催化剂 16,在暂时浓空燃比操作时供给相对于吸藏 NO_x 量没有过量不足的还原剂,不产生剩余的氨。

[0070] 与此相对,当 NO_x 催化剂 16 逐渐劣化,与此相应地在暂时浓空燃比操作结束时附近的催化剂后 NO_x 传感器 18 的最大输出值(峰值)Cr_{max} 逐渐变大。认为该催化剂后 NO_x 传感器最大输出值 Cr_{max} 的上升是因为被排出的剩余的氨逐渐增加。于是,利用该特性,预先通过实机试验等来把握标准催化剂中的催化剂后 NO_x 传感器最大输出值,将其作为劣化判定值 Cr_s 进行设定,将实际检测出的催化剂后 NO_x 传感器最大输出值 Cr_{max} 与劣化判定值 Cr_s 进行比较。然后,如果催化剂后 NO_x 传感器最大输出值 Cr_{max} 小于劣化判定值 Cr_s,则判定为 NO_x 催化剂 16 正常,如果催化剂后 NO_x 传感器最大输出值 Cr_{max} 为劣化判定值 Cr_s 以上,则判定为 NO_x16 劣化。

[0071] 另一方面,除了将催化剂后 NO_x 传感器最大输出值 Cr_{max} 与劣化判定值 Cr_s 进行比较的方法,代替地存在将催化剂后 NO_x 传感器的输出值 Cr 自身与劣化判定值 Cr_s 进行比较的方法。也就是说,在催化剂后 NO_x 传感器的输出值 Cr 达到最大输出值 Cr_{max} 前的时刻,如果催化剂后 NO_x 传感器的输出值 Cr 变为劣化判定值 Cr_s 以上,则将 NO_x 催化剂 16 判定为劣化。

[0072] 根据该 NO_x 催化剂劣化诊断的方法,能够仅通过催化剂后 NO_x 传感器输出值 Cr 的

大小来判定 NOx 催化剂 16 的劣化,比较具体地讲,能够通过催化剂后 NOx 传感器输出值 Cr 与预定的劣化判定值 Crs 来判定 NOx 催化剂 16 的劣化。由此,不像专利文献 1 所述的技术那样,对原本含有较多误差部分的微小的 NOx 传感器输出值进一步进行积分,使用误差部分被扩大的积分值进行劣化诊断。在本方法中,以相对较大的传感器输出值进行劣化诊断。由此能够减少传感器误差的影响,确保高诊断精度。并且能够区分催化剂劣化度的微小差别。

[0073] 此外,车辆上的劣化诊断沿 NOx 催化剂从新品的状态逐渐劣化的方向进行,但是每次劣化诊断时仅仅进行标准 NOx 量的供给和标准还原剂量的供给,至少在 NOx 催化剂达到标准状态之前,仅仅向 NOx 催化剂供给少于其能力的 NOx 量和还原剂量。由此在劣化诊断时不排出剩余氨。在 NOx 催化剂超过标准状态而已劣化时,初次过剩地供给还原剂,产生剩余的氨。不过当检测到 NOx 催化剂已劣化时,则向用户发出警告,更换催化剂。由此通常能够贯穿催化剂的生命周期来防止劣化诊断时供给过剩的还原剂,防止燃料经济性的恶化。

[0074] 接下来,使用图 3 说明该 NOx 催化剂劣化诊断的具体例子。

[0075] 在图 3 中,表示发动机启动后各值的变化。(A) 表示由 ECU20 推定的催化剂温度 T_c , (B) 表示催化剂后 NOx 传感器 18 的温度 T_s (以下,也简称为传感器温度), (C) 表示供给 NOx 量 G, (D) 表示空燃比传感器 17 的输出 (向空燃比 A/F 换算的换算值), (E) 表示催化剂后 NOx 传感器 18 的输出 (向 NOx 浓度 Cr 换算的换算值)。时刻 t_0 是发动机启动结束时刻。关于 (B),催化剂后 NOx 传感器 18 的温度 T_s 由 ECU20 检测并控制。比较具体地讲,由 ECU20 检测催化剂后 NOx 传感器 18 的元件阻抗,控制催化剂后 NOx 传感器 18 的加热器,使得该元件阻抗变为传感器活性时相当的预定值。

[0076] 如 (A)、(B) 所示,当发动机启动时,催化剂温度 T_c 和传感器温度 T_s 逐渐上升,不久催化剂温度 T_c 超过下限温度 T_{cmin} (例如约 300°C) 而进入工作温度域 (时刻 t_1),传感器温度 T_s 也超过下限温度 T_{smin} (例如约 750°C) 而进入活性温度域 (时刻 t_2)。传感器温度 T_s 之后维持在少许高于下限温度 T_{smin} 的值。催化剂工作温度域的上限温度 T_{cmax} 例如为 550°C 。

[0077] 如 (D) 所示,从这些时刻 t_1 、 t_2 附近开始,空燃比控制从理想配比控制移向稀薄燃烧控制,空燃比维持在高于理论空燃比 (理想配比) 的值 (例如 16 ~ 18 左右)。此时的空燃比是由三元催化剂 11 不能净化 NOx 的高空燃比。由此从发动机排出的 NOx 不被净化地通过三元催化剂 11,由后段的 NOx 催化剂 16 进行捕集、吸藏。因此,如 (E) 所示,在 NOx 催化剂 16 的下游侧检测不到 NOx。

[0078] 另一方面,如 (C) 所示,在稀薄燃烧运行中顺次累计供给到 NOx 催化剂 16 的 NOx 量,计算供给 NOx 量 G。具体来说,在 1 个运算周期中,从发动机 10 排出的排气的 NOx 浓度 (称为催化剂前推定 NOx 浓度) C_e 基于发动机 10 的运行状态来推定,将作为排气量的代用值的吸入空气量 G_a 的值乘以该催化剂前推定 NOx 浓度 C_e ,其结果是算出作为瞬时值的供给 NOx 量 dG 。并且按每个运算周期累计作为该瞬时值的供给 NOx 量 dG ,算出供给 NOx 量。催化剂前推定 NOx 浓度 C_e ,例如基于根据发动机转速 N_e 和吸入空气量 G_a 的检测值求得的负荷率 ($= G_a/N_e$) 和由空燃比传感器 17 检测出的空燃比 A/F,根据预定的映射等来算出。代替催化剂前推定 NOx 浓度,可以直接使用设置在 NOx 催化剂 16 的上游侧的 NOx 传感器即催化剂前 NOx 传感器 (未图示) 的检测值 (称为催化剂前检测 NOx 浓度)。

[0079] 当继续进行稀薄燃烧运行时,供给 NO_x 量 G 逐渐增加。并且与该供给 NO_x 量 G 达到预先确定的标准 NO_x 量 G_s (例如 200mg) 同时,为了将吸藏 NO_x 释放还原,如 (D) 中符号 a 所示执行暂时浓空燃比操作。具体来说,将混合气更确切地说是排气的空燃比控制为低于理论空燃比的浓的值。此时的空燃比是无法由三元催化剂 11 净化 HC、CO 等还原成分 (特别是 HC) 的程度的低空燃比。由此从发动机排出的还原成分不被净化地通过三元催化剂而供给到后段的 NO_x 催化剂 16。供给 NO_x 量 G 的值在下次稀薄燃烧运行开始之前被保持为标准 NO_x 量 G_s,与下次稀薄燃烧运行开始同时地复位为零。

[0080] 在暂时浓空燃比操作时供给的还原成分的量即还原剂量,例如能够如下进行算出。首先,由下式计算一个运算周期的作为瞬时值的还原剂量 dH。

[0081]
$$dH = (1/(A/F) - 1/14.6) \times Ga$$

[0082] A/F 是由空燃比传感器 17 检测出的实际的空燃比,14.6 是本实施方式中的理想配比空燃比,Ga 是由空气流量计 5 检测出的吸入空气量。并且,按每个运算周期累计作为该瞬时值的还原剂量 dH,计算在暂时浓空燃比操作开始时到某时刻之前供给的还原剂量 H。

[0083] 如果这样顺次计算出的还原剂量 H 达到了与标准 NO_x 量 G_s 相应的标准还原剂量 H_s,则结束暂时浓空燃比操作。另外 (D) 中阴影所示的区域的面积表示标准还原剂量 H_s。

[0084] 如 (E) 所示,除了暂时浓空燃比操作结束时附近,催化剂后 NO_x 传感器 18 的输出值 Cr 几乎为零。其理由是因为:在稀薄燃烧运行中供给到 NO_x 催化剂 16 的 NO_x 被吸藏于 NO_x 催化剂 16,在暂时浓空燃比操作中除了其结束时附近,从 NO_x 催化剂 16 脱离的 NO_x 由还原剂进行还原,NO_x 和氨都没有被排出。另一方面,在暂时浓空燃比操作结束时附近,在催化剂正常时 (以虚线表示) 催化剂后 NO_x 传感器输出值 Cr 仅仅些微增加,在催化剂劣化时 (以实线表示) 催化剂后 NO_x 传感器输出值 Cr 显著增加。在催化剂劣化时催化剂后 NO_x 传感器输出值 Cr 显著增加的理由是因为:在稀薄燃烧运行中标准 NO_x 量 G_s 的 NO_x 被供给到 NO_x 催化剂 16,但是不能将其全部的量进行吸藏,由此,即使供给标准还原剂量 H_s 的还原剂也不能消耗其全部的量,剩余的还原剂以氨的形式排出到催化剂下游,由催化剂后 NO_x 传感器 18 检测到该氨。

[0085] 于是,通过该催化剂后 NO_x 传感器输出值 Cr,优选的是催化剂后 NO_x 传感器最大输出值 Cr_{max},比标准催化剂相当的劣化判定值 Cr_s 大还是小,能够判定 NO_x 催化剂 16 劣化还是正常。

[0086] 在图示例中,反复进行以上的工序,多次执行劣化检测。由此能够提高劣化诊断的精度和可靠性。

[0087] 总而言之,在劣化催化剂的情况下,在暂时浓空燃比操作结束时附近作为催化剂后 NO_x 传感器输出值 Cr 增加的理由也如下那样进行考虑。由于还原剂供给而使吸藏 NO_x 从 NO_x 催化剂脱离,但是伴随催化剂的活性点的减少劣化,脱离 NO_x 没有与还原剂充分反应,脱离 NO_x 以未反应的状态被排出到催化剂下游 (将其称为“放出 NO_x”),该放出 NO_x 由催化剂后 NO_x 传感器 18 检测到。因为催化剂后 NO_x 传感器 18 不能区分 NO_x 和氨,所以也由于放出 NO_x 使得输出值增加。但是,从各种研究结果来看,如下考虑较为妥当:暂时浓空燃比操作结束时附近的催化剂后 NO_x 传感器输出值,相比于放出 NO_x 更多反映了剩余氨的量。此外,不管检测到的是放出 NO_x 还是剩余氨,与催化剂劣化度相关连的 NO_x 传感器输出值的变化情况都是如上述预先由实机试验等得到的那样。由此,即使不区分放出 NO_x 和剩

余氨,也能够由上述的方法适当地执行劣化诊断。

[0088] 接下来,参照图 4 对用于执行在此已说明的劣化诊断的具体的处理进行说明。图示的处理由 ECU20 按预定的运算周期反复执行。

[0089] 在最初的步骤 S101 中,判断推定催化剂温度 T_c 是否处于所述工作温度域,即推定催化剂温度 T_c 是否处于下限温度 T_{cmin} 以上且上限温度 T_{cmax} 以下。

[0090] 在催化剂温度 T_c 不处于工作温度域的情况下,结束本处理。在这种情况下,可以控制催化剂温度 T_c ,使得催化剂温度 T_c 进入工作温度域。例如若将空燃比变化为较浓侧,则催化剂温度 T_c 上升,若将空燃比变化为较稀侧,则催化剂温度 T_c 下降。

[0091] 另一方面,在催化剂温度 T_c 处于工作温度域的情况下,在步骤 S102 中判断催化剂后 NOx 传感器 18 是否处于活性状态,即催化剂后 NOx 传感器 18 的温度 T_s 是否高于活性温度域的下限温度 T_{smin} 。

[0092] 在催化剂后 NOx 传感器 18 不处于活性状态的情况下,结束本处理,在催化剂后 NOx 传感器 18 处于活性状态的情况下,在步骤 S103 中判断是否为稀薄燃烧运行中。具体来说,判断由空燃比传感器 17 检测出的空燃比 A/F 是否大于预定的稀空燃比。

[0093] 在不是稀薄燃烧运行中的情况下,结束本处理。另一方面,在是稀薄燃烧运行中的情况下,在步骤 S104 中如前所述算出本次供给 NOx 量 dG ,在步骤 S105 中如前所述累计得到供给 NOx 量 G 。

[0094] 在接下来的步骤 S106 中,判断供给 NOx 量 G 是否达到了预定的标准 NOx 量 G_s ,具体来说,供给 NOx 量 G 是否为标准 NOx 量 G_s 以上。在供给 NOx 量 G 没有达到标准 NOx 量 G_s 的情况下,结束本处理,在供给 NOx 量 G 达到了标准 NOx 量 G_s 的情况下,前进到步骤 S107。

[0095] 在步骤 S107 中执行暂时浓空燃比操作。如前所述,执行该暂时浓空燃比操作直到作为累计值的还原剂量 H 达到预定的标准还原剂量 H_s 为止。

[0096] 接下来,在步骤 S108 中,判断是否取得了催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 。在没有取得催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 的情况下,结束本处理。另一方面,在取得了催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 的情况下,在步骤 S109 中,将该催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 与标准相当的预定的劣化判定值 Cr_s 进行比较。

[0097] 在催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 小于劣化判定值 Cr_s 的情况下,在步骤 S110 中判定为 NOx 催化剂 16 正常,另一方面,在催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 为劣化判定值 Cr_s 以上的情况下,在步骤 S111 中判定为 NOx 催化剂 16 劣化。然后结束本处理。

[0098] 接下来,说明 NOx 催化剂劣化诊断的第 2 方式。

[0099] 概括地讲,在该第 2 方式中,在供给到 NOx 催化剂 16 的 NOx 量达到了预定值时,供给与该供给 NOx 量相应的量的还原剂。然后,阶段式地增加这些供给 NOx 量和供给还原剂量,每次都取得催化剂后 NOx 传感器 18 的最大输出值。基于与该取得的催化剂后 NOx 传感器最大输出值的至少一个相对应的供给 NOx 量,判定 NOx 催化剂的劣化。

[0100] 使用图 5 对其进行具体说明。图是表示供给到 NOx 催化剂 16 的 NOx 量即供给 NOx 量 G (mg)、和在将与该供给 NOx 量相应的没有过量不足的量的还原剂供给到 NOx 催化剂 16 时得到的催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} (ppm) 的关系的试验结果。白圈为正常催化剂的情况,黑圈为劣化催化剂的情况。

[0101] 如图所示,在正常催化剂的情况下,即使将对 NOx 催化剂 16 的供给 NOx 量 G 增加到 100mg、200mg、300mg,催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Crmax 也几乎为零。其理由如下:正常催化剂能够吸藏的 NOx 量比 300mg 多,在供给 300mg 以下的 NOx 时,其全部被 NOx 催化剂吸藏,并且在供给与供给 NOx 量相应的还原剂量时,全部还原剂量没有过量不足地被用于吸藏 NOx 的还原。

[0102] 与此相对,在将供给 NOx 量增加到 400mg 的情况下,催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Crmax 变得大于零。当将供给 NOx 量进一步增加到 500mg 时,得到了更大的催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Crmax。其理由如下:NOx 催化剂能够吸藏的 NOx 量比 400mg 少,即使供给 400mg 以上的 NOx,也不能将其全部吸藏,并且即使供给与供给 NOx 量相应的还原剂量,也不能全部用于吸藏 NOx 的还原,还原剂量变得过剩,由催化剂后 NOx 传感器 18 检测到剩余的氨。因为 NOx 催化剂只能吸藏比 400mg 少的一定量的 NOx,所以,当然如果从 400mg 左右增加还原剂量,则所剩余的还原剂量也增加,催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Crmax 也增加。

[0103] 根据该倾向可知:图示例的正常催化剂能够吸藏的 NOx 量比 300mg 多并且比 400mg 少。

[0104] 另一方面,在劣化催化剂的情况下,催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Crmax 几乎为零的只在供给 NOx 量 G 是 100mg 时,随着将供给 NOx 量 G 增加到 200mg、300mg、400mg、500mg,催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Crmax 也成比例地增加。根据该倾向可知:图示例的劣化催化剂能够吸藏的 NOx 量比 100mg 多并且比 200mg 少。

[0105] 于是,利用这样的关系,执行 NOx 催化剂的劣化诊断。具体来说,作为第 1 方式,将标准催化剂能够吸藏的 NOx 量预先由实机试验等来把握,将该标准 NOx 量作为劣化判定值 G_s 进行设定。然后,将供给到 NOx 催化剂 16 的 NOx 量 G,从小于劣化判定值 G_s 的值向大的值阶段式地增加,在每次供给与各供给 NOx 量相应的还原剂量 H 时,每次都取得催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Crmax。然后,取得其中催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Crmax 超过标准相当的预定值 C_{rs} (这里是比零大一些的值,但是方便起见考虑为零也无妨) 的采样点(采样数据,图中的白圈或黑圈),将与该采样点对应的供给 NOx 量 G 之中最小的值 G_{min} 与劣化判定值 G_s 进行比较。然后,在供给 NOx 量最小值 G_{min} 为劣化判定值 G_s 以上时,将 NOx 催化剂判定为正常,在供给 NOx 量最小值 G_{min} 小于劣化判定值 G_s 时,将 NOx 催化剂判定为劣化。

[0106] 在图 5 所示例中,劣化判定值 G_s 被设定为 320mg。然后,在正常催化剂的情况下,催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Crmax 超过预定值 C_{rs} 的采样点是 $G = 400\text{mg}$ 、 500mg 的采样点,与这些采样点对应的供给 NOx 量 G 中最小值 G_{min} 为 400mg。因为 $400\text{mg} > 320\text{mg}$,所以判定为 NOx 催化剂正常。另一方面,在劣化催化剂的情况下,催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Crmax 超过预定值 C_{rs} 的采样点是 $G = 200\text{mg}$ 、 300mg 、 400mg 、 500mg 的采样点,与这些采样点对应的供给 NOx 量 G 中最小值 G_{min} 为 200mg。因为 $200\text{mg} < 320\text{mg}$,所以判定为 NOx 催化剂劣化。

[0107] 根据该第 1 方式,作为与劣化判定值 G_s 的比较对象的供给 NOx 量最小值 G_{min} 是仅以 100mg 刻度阶段性地得到,虽然简便,但也存在精度方面欠缺的问题。于是在以下所述的第 2 方式中采用更高精度的方法。

[0108] 也就是说,参照图 5,对于催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 超过预定值 Cr_s 的采样点,确定表示催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 与供给 NOx 量 G 的关系的回归直线 L 。该回归直线 L 是如图所示具有一定的斜度的直线。而且,在该回归直线 L 上,确定催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 变为预定值 Cr_s 的点、即被判定点 x ,并且取得与该被判定点 x 对应的供给 NOx 量 G_x 。然后,将该取得的供给 NOx 量 G_x 与劣化判定值 G_s 进行比较,在供给 NOx 量为劣化判定值 G_s 以上时,将 NOx 催化剂判定为正常,在供给 NOx 量小于劣化判定值 G_s 时,将 NOx 催化剂判定为劣化。

[0109] 根据该第 2 方式,作为与劣化判定值 G_s 的比较对象的供给 NOx 量 G_x 不是以 100mg 刻度而是连续得到的,所以能够得到比第 1 方式更高的精度。以下,对于该第 2 方式,基于图 6 说明由 ECU20 进行的具体处理。

[0110] 作为本处理的前提,催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 的取得次数 n 的初始值确定为 0,供给 NOx 量的目标值 $G_t(n)$ 的初始值 ($G_t(0)$) 确定为 0。

[0111] 首先,在步骤 S201 中,将催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 的取得次数 n 增加 1。然后,在步骤 S202 中,本次的供给 NOx 量目标值 $G_t(n)$,通过对上次的供给 NOx 量目标值 $G_t(n-1)$ 加上预定的幅度量 ΔG 来求得。幅度量 ΔG 例如仿效图 5 的例子,为 100mg。

[0112] 接下来,在步骤 S203 中,判断稀薄燃烧运行中的供给 NOx 量 G 是否达到了目标值 $G_t(n)$,即供给 NOx 量 G 是否变为目标值 $G_t(n)$ 以上。如果供给 NOx 量没有达到目标值 $G_t(n)$,则在达到之前执行步骤 S203。另一方面,如果供给 NOx 量 G 达到了目标值 $G_t(n)$,则在步骤 S204 中,执行供给与该供给 NOx 量目标值 $G_t(n)$ 相应的量的还原剂的暂时浓空燃比操作。

[0113] 接下来,在步骤 S205 中,取得催化剂后 NOx 传感器最大输出值 $Cr_{max}(n)$ 。然后,在步骤 S206 中,判定催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 的取得次数 n 是否变为预定值 m 以上。预定值 m 例如仿效图 5 的例子,为 5。

[0114] 在取得次数 n 小于预定值 m 的情况下,反复执行步骤 S201 ~ S205。另一方面,在取得次数 n 为预定值 m 以上的情况,即达到了 $n = 5$ 的情况下,前进到步骤 S207。由此,将 100mg ~ 500mg 的 NOx 以 100mg 刻度顺次供给到 NOx 催化剂 16,供给与各个供给 NOx 量相应的还原剂量,取得催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 。即,取得如图 5 所示那样的五个采样点。

[0115] 在步骤 S207 中,使用催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 超过预定值 Cr_s 的采样点,确定表示催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 与供给 NOx 量 G 的关系的回归直线 L 。然后,在步骤 S208 中,在该回归直线 L 上,确定催化剂后 NOx 传感器最大输出值 Cr_{max} 变为预定值 Cr_s 的点 x 。

[0116] 在步骤 S209 中,取得与该点 x 对应的供给 NOx 量 G_x ,并且将该已取得的供给 NOx 量 G_x 与预定的劣化判定值 G_s 进行比较。然后,当供给 NOx 量 G_x 为劣化判定值 G_s 以上时,在步骤 S210 中判定为 NOx 催化剂正常,当供给 NOx 量 G_x 小于劣化判定值 G_s 时,在步骤 S211 中判定为 NOx 催化剂劣化。

[0117] 根据该 NOx 催化剂劣化诊断的第 2 方式,使供给 NOx 量 G 从比标准相当的劣化判定值 G_s 小的值开始阶段式地增加。在正常催化剂的情况下,在诊断初期阶段,因为供给 NOx 量 G 少于催化剂能够吸藏的 NOx 量,所以即使供给相应的还原剂,还原剂也不会过剩,从而抑制燃料经济性恶化。供给过剩的还原剂量,仅在供给比催化剂能够吸藏的 NOx 量多的 NOx

时,存在几次左右。由此,在催化剂正常时即使进行劣化诊断也能最小限度地抑制燃料经济性的恶化。另一方面,在劣化催化剂的情况下,虽然从诊断初期的阶段开始还原剂就变得过剩,但在这种情况下判定为催化剂劣化而向用户发出警告,更换催化剂。由此,贯穿催化剂的生命周期来防止劣化诊断时的燃料经济性的恶化。

[0118] 接下来,参照图 7 说明劣化诊断的第 3 方式。在该第 3 方式中,与最初所述的第 1 方式同样,在稀薄燃烧运行中将等于标准 NOx 量 G_s 的 NOx 量供给到 NOx 催化剂 16。然后与该供给结束同时地执行暂时浓空燃比操作,供给与标准 NOx 量 G_s 相应的还原剂量 H_s 。另一方面,从暂时浓空燃比操作开始时刻 t_{11} 到经过预定时间(例如 10 秒)后的预定时刻 t_{12} ,累计催化剂后 NOx 传感器输出值 Cr 的值,求得该累计值 ΣCr 。预定时刻 t_{12} 确定为至少迟于暂时浓空燃比操作结束时刻。另一方面,通过实机试验等,预先把握在标准催化剂的情况下的催化剂后 NOx 传感器输出累计值 ΣCr_s ,将其作为劣化判定值进行设定。然后,将实际得到的催化剂后 NOx 传感器输出累计值 ΣCr 与劣化判定值 ΣCr_s 进行比较,若 ΣCr 小于 ΣCr_s 则判定为催化剂正常,若 ΣCr 为 ΣCr_s 以上则判定为催化剂劣化。也就是说,该方法是如下的做法:基于传感器输出值来进行劣化判定,但是不使用该值的大小、最大值而是使用累计值来进行劣化判定。

[0119] 以上,对本发明的实施方式进行了说明,但是本发明也能够采用其他的实施方式。例如,在所述实施方式中,作为关于催化剂后 NOx 传感器输出值的值,使用了向 NOx 浓度换算的换算值,但是也可以使用从催化剂 NOx 传感器输出的电流值本身。

[0120] 本发明的实施方式并不限于所述的实施方式,由权利要求限定的本发明的思想所包含的所有变形例、应用例、同等物都包含于本发明。因此,本发明不应当被限定性地解释,也能够适用于归属于本发明的思想范围内的其他任意技术。

[0121] 本发明能够适用于在内燃机的排气通路上设置的吸藏还原型 NOx 催化剂。

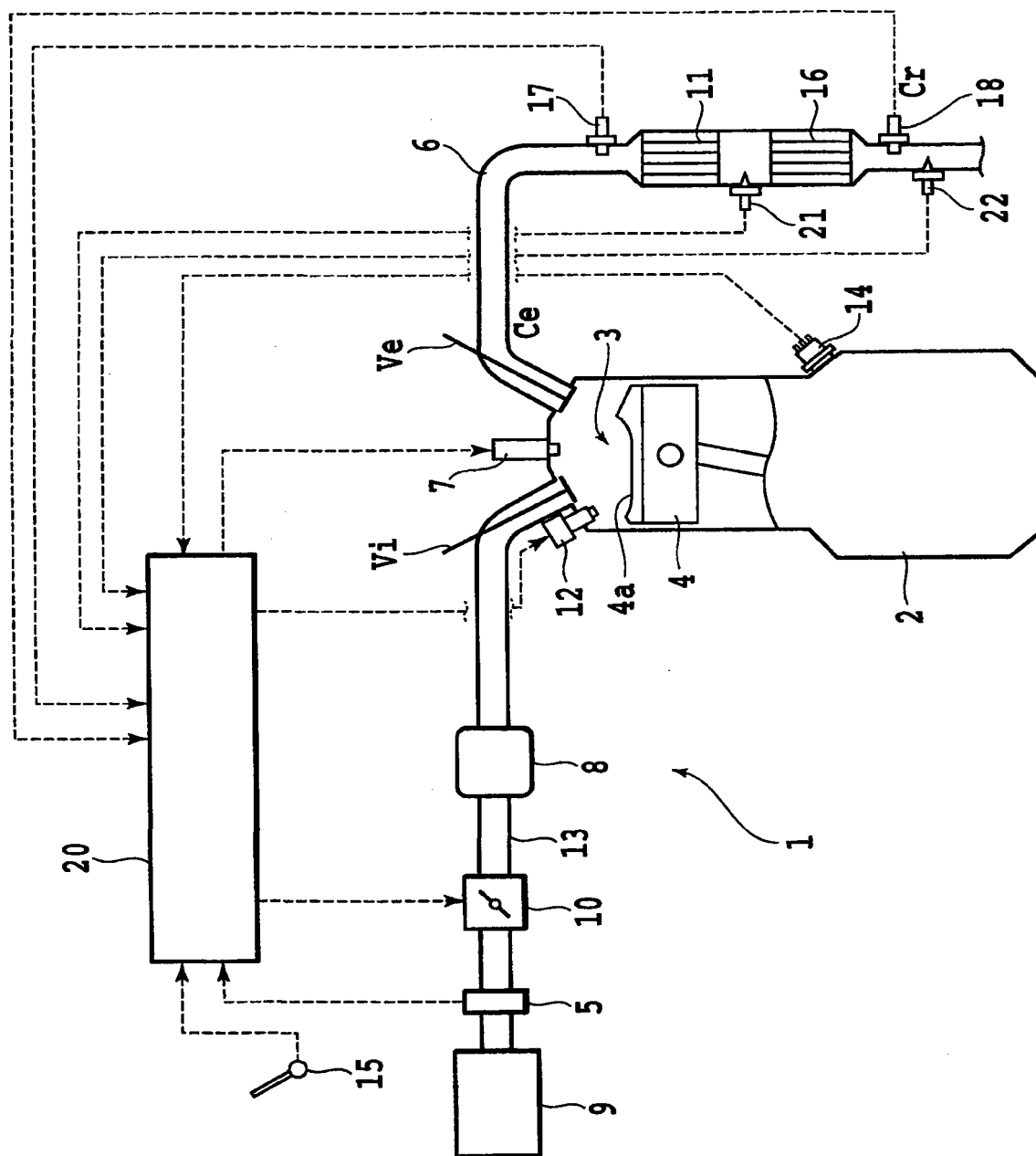


图 1

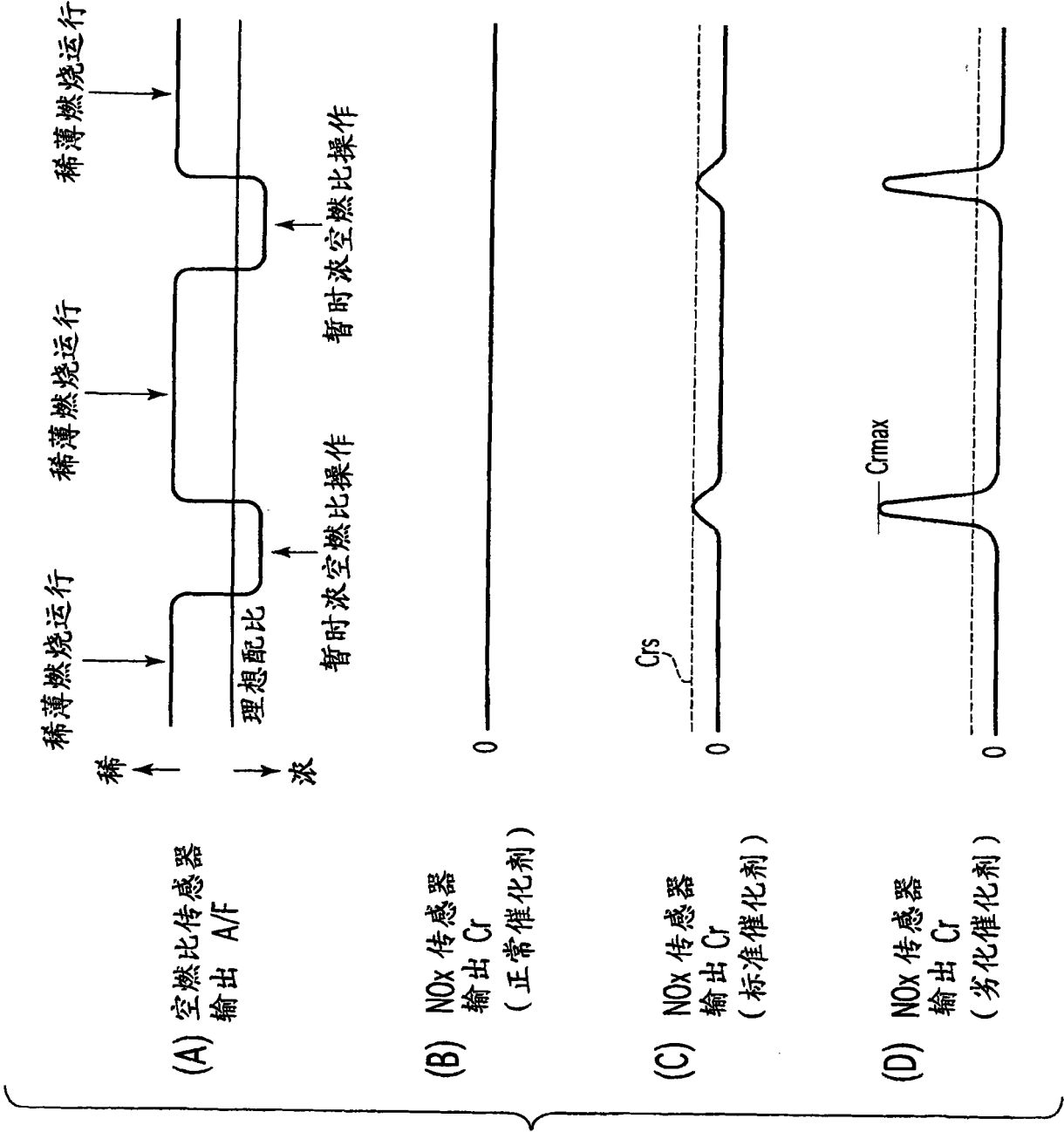


图 2

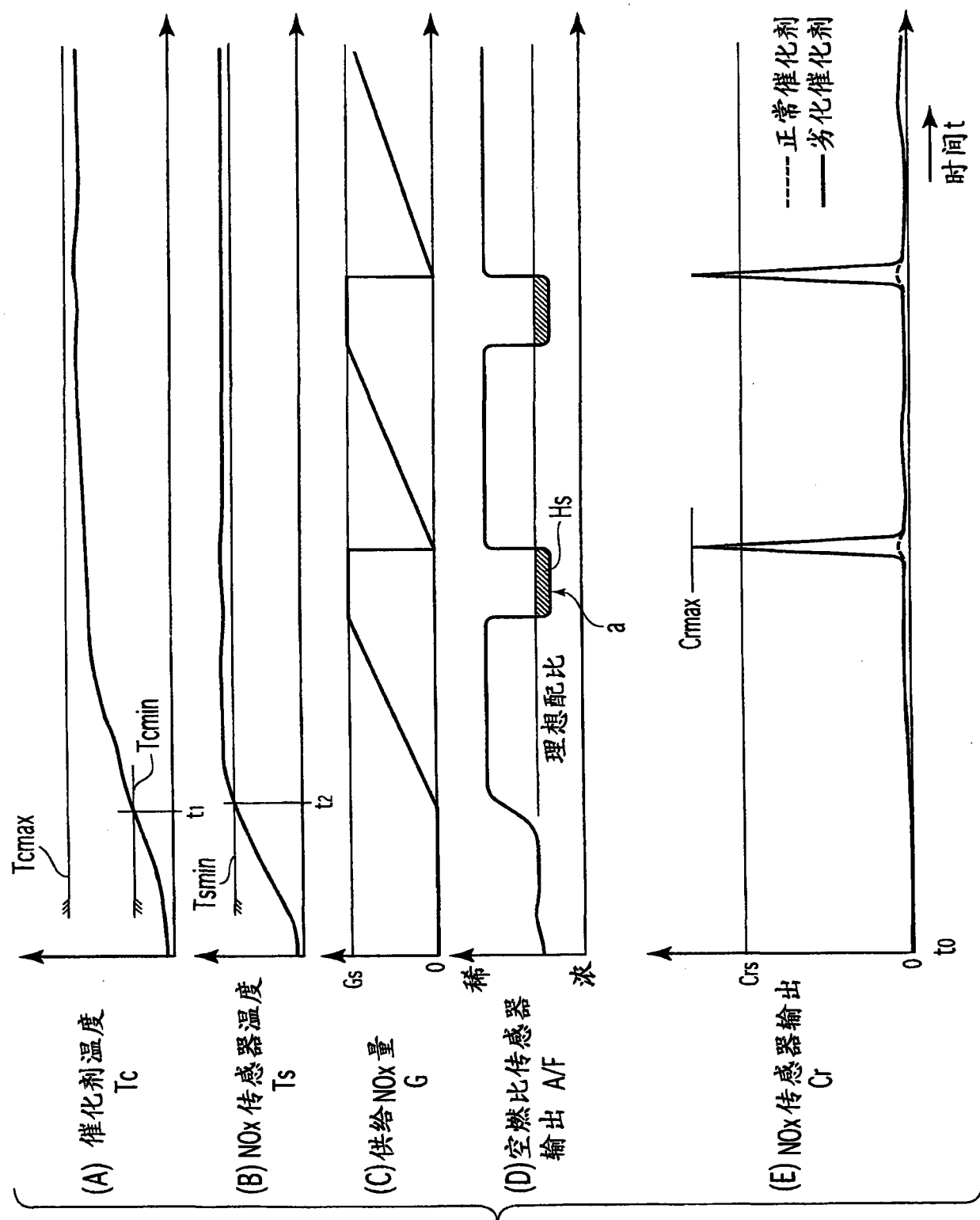


图 3

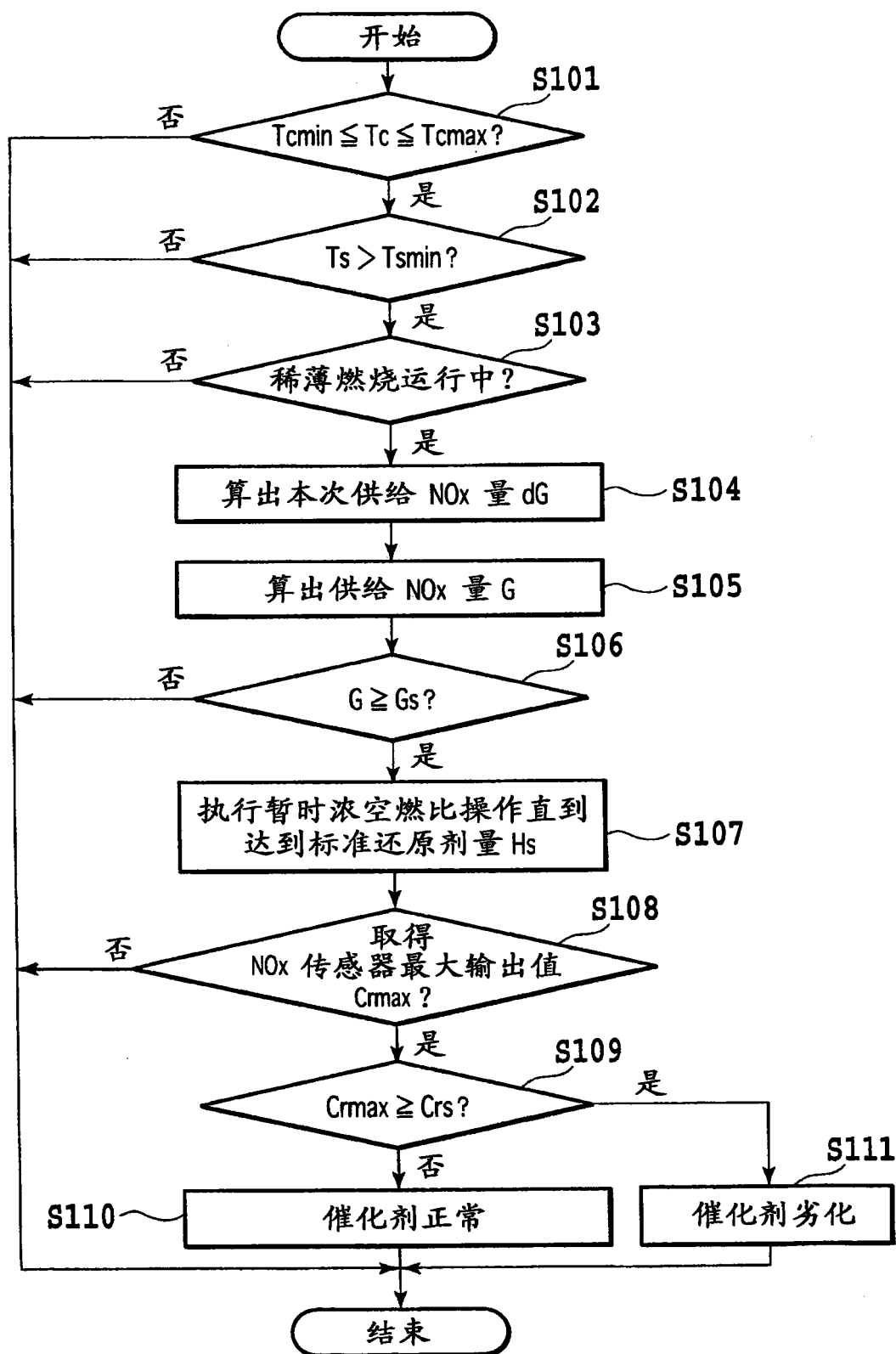


图 4

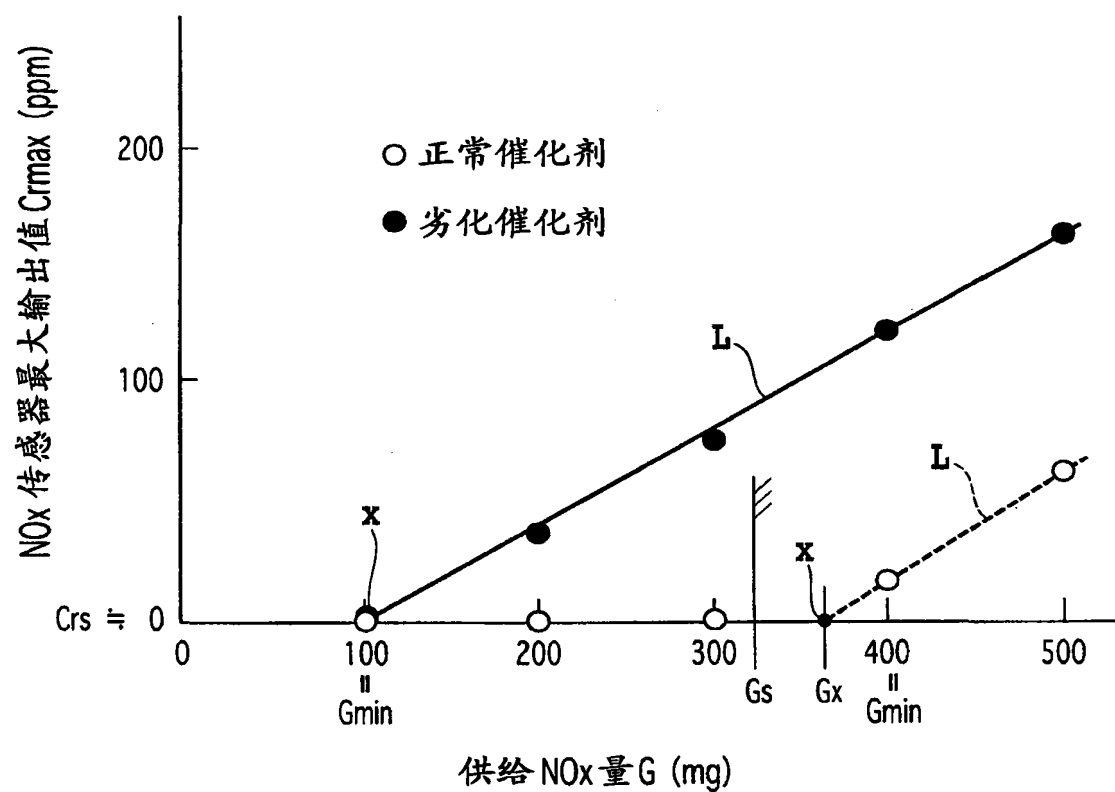


图 5

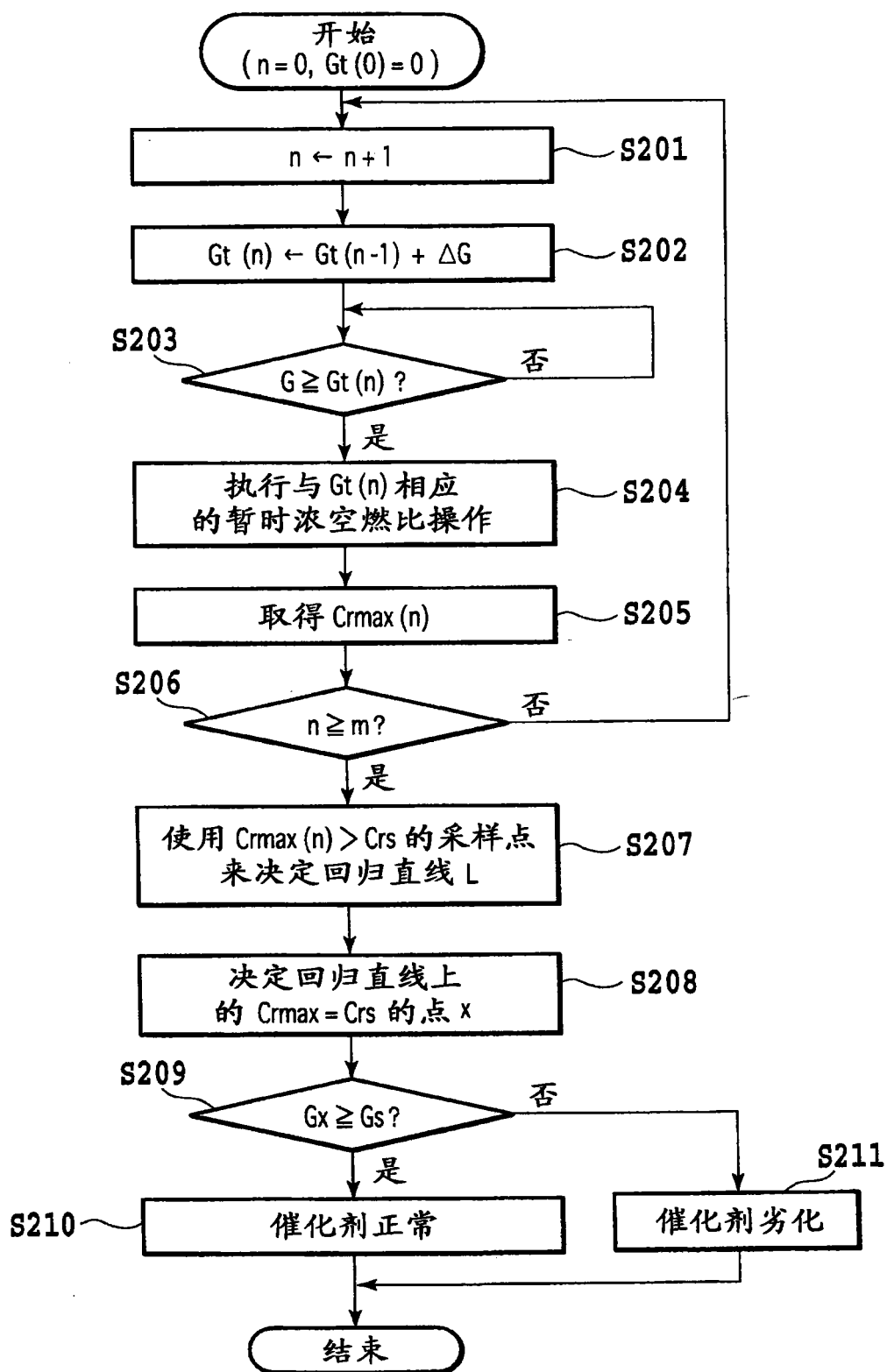


图 6

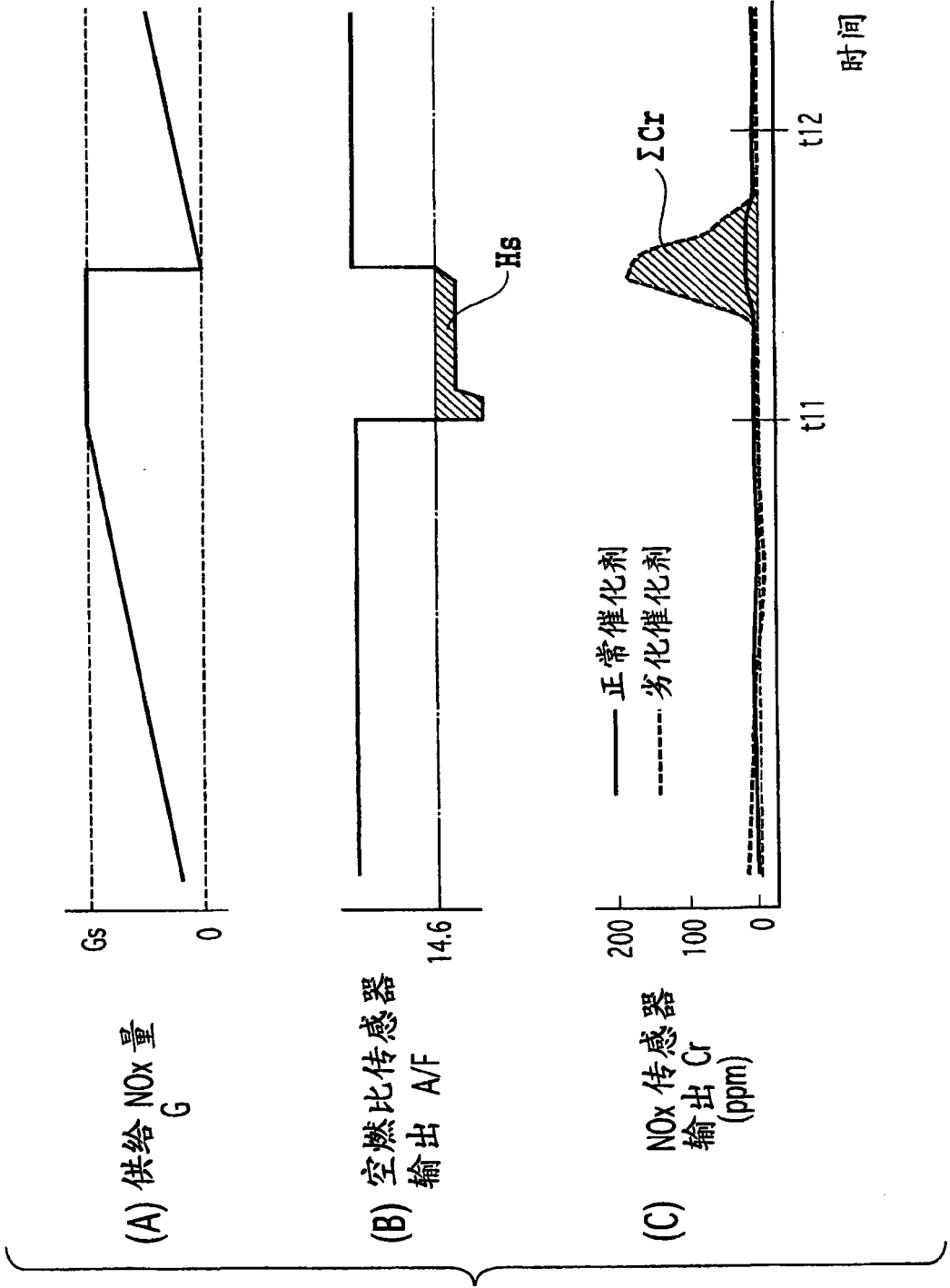


图 7