



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105102797 B

(45)授权公告日 2017. 11. 14

(21)申请号 201580000310.6

(22)申请日 2015.01.30

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105102797 A

(43)申请公布日 2015.11.25

(30)优先权数据
2014-046308 2014.03.10 JP
2014-046310 2014.03.10 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.08.25

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2015/052676 2015.01.30

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/137003 JA 2015.09.17

(73)专利权人 本田技研工业株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 近藤卓 英寿 桥本公太郎

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 李辉 黄纶伟

(51)Int.Cl.
F02D 45/00(2006.01)
F02D 41/02(2006.01)
F02D 43/00(2006.01)
F02P 5/15(2006.01)

(56)对比文件
JP 2005030305 A,2005.02.03,
JP 2011001905 A,2011.01.06,
JP 2009108760 A,2009.05.21,
JP S6238853 A,1987.02.19,
CN 102650243 A,2012.08.29,

审查员 翟俊萌

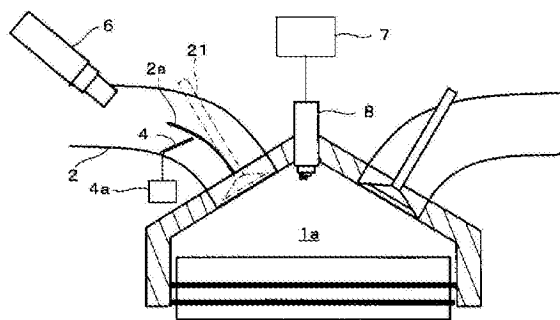
权利要求书2页 说明书11页 附图8页

(54)发明名称

内燃机的燃烧控制装置

(57)摘要

提供内燃机的燃烧控制装置,其中,所述燃烧控制装置具备:火花塞,其对燃烧室内的混合气进行火花点火;多个点火线圈对,它们用于使该火花塞发生放电;以及燃料喷射阀,其能够将燃料微粒化后喷射至进气通道内。微粒化后的燃料被喷射至进气通道内,在燃烧室内形成均质且稀薄的混合气。燃烧室内的混合气的空燃比被控制成比规定的稀薄空燃比更靠稀薄侧的空燃比,其中,所述规定的稀薄空燃比比理论空燃比靠稀薄侧,使用多个点火线圈对来控制火花塞的放电开始正时和放电持续时间。放电开始正时被设定成:比对成层稀薄混合气进行点火的情况下的放电开始正时靠提前侧。其中,所述成层稀薄混合气是以火花塞附近的混合气的空燃比相对减小的方式形成的。



1. 一种内燃机的燃烧控制装置,该燃烧控制装置具备:

火花点火单元,其对内燃机的燃烧室内的混合气进行火花点火;

点火控制单元,其控制该火花点火单元;以及

空燃比控制单元,其控制所述燃烧室内的混合气的空燃比,

该燃烧控制装置的特征在于,

该燃烧控制装置具备在所述燃烧室内形成均质且稀薄的混合气的均质稀薄混合气形成单元,

所述火花点火单元具备:

火花塞;和

多个点火线圈对,它们用于使该火花塞发生放电,

并且,所述火花点火单元能够变更所述火花塞的放电的开始正时和持续时间,

所述均质稀薄混合气形成单元使用能够将燃料微粒化后进行喷射的燃料喷射阀,将燃料喷射至所述内燃机的进气通道内,

所述空燃比控制单元将所述空燃比控制成比规定的稀薄空燃比更靠稀薄侧的空燃比,其中,所述规定的稀薄空燃比比理论空燃比靠稀薄侧,

所述点火控制单元控制所述火花塞的放电开始正时和所述放电持续时间,并将所述放电开始正时设定成比对成层稀薄混合气进行点火的情况下的放电开始正时靠提前侧,其中,所述成层稀薄混合气是以所述火花塞附近处的混合气的空燃比相对减小的方式形成的,

在比所述规定的稀薄空燃比靠稀薄侧的空燃比范围内,所述空燃比越增大,所述点火控制单元就使所述放电开始正时越提前,并将所述放电持续时间设定得越长。

2. 根据权利要求1所述的燃烧控制装置,其中,

所述燃烧控制装置还具备流动生成单元,该流动生成单元生成被吸入所述燃烧室内的混合气的流动。

3. 根据权利要求1所述的燃烧控制装置,其中,

所述均质稀薄混合气形成单元在所述内燃机的进气阀的闭阀期间内执行基于所述燃料喷射阀的第1燃料喷射,并且,在所述进气阀的开阀期间内执行基于所述燃料喷射阀的第2燃料喷射。

4. 根据权利要求1所述的燃烧控制装置,其中,

所述规定的稀薄空燃比被设定成:从所述燃烧室排出的 NO_x 量成为允许上限值以下。

5. 根据权利要求1所述的燃烧控制装置,其中,

在所述内燃机的排气通路中设有含铂的三元催化剂,

所述燃烧控制装置还具备:

第1升温促进控制单元,其在所述内燃机刚刚起动后执行用于促进所述三元催化剂的升温的第1升温促进控制,直至控制切换正时为止;和

第2升温促进控制单元,其在所述控制切换正时之后执行用于促进所述三元催化剂的升温的第2升温促进控制,

所述第1升温促进控制单元通过以下方式来执行所述第1升温促进控制:增加所述内燃机的吸入空气量,将所述混合气的空燃比控制成比理论空燃比靠稀薄侧的第1稀薄空燃比,

并将所述火花塞的放电开始正时设定成比最优点火正时靠延迟侧的规定的延迟点火正时，
所述第2升温促进控制单元将所述空燃比控制成比所述第1稀薄空燃比更靠稀薄侧的第2稀薄空燃比，使所述放电开始正时比所述规定的延迟点火正时更延迟，并增加所述火花塞的放电持续时间。

6. 根据权利要求5所述的燃烧控制装置，其中，

所述燃烧控制装置具备温度参数取得单元，该温度参数取得单元取得与所述三元催化剂的温度具有相关性的催化剂温度参数，

所述控制切换正时是所述催化剂温度参数达到规定的温度的正时。

7. 根据权利要求6所述的燃烧控制装置，其中，

随着所述催化剂温度参数升高，所述第2升温促进控制单元使所述空燃比降低，使所述放电开始正时提前并且减少所述放电持续时间。

8. 根据权利要求5或6所述的燃烧控制装置，其中，

所述燃烧控制装置还具备流动生成单元，该流动生成单元生成被吸入到所述燃烧室内的混合气的流动，

所述第2升温促进控制单元在所述第2升温促进控制开始时，将所述流动的控制强度控制得较高，并从所述空燃比降低至所述第1稀薄空燃比附近的时刻开始使所述流动的控制强度逐渐降低。

内燃机的燃烧控制装置

技术领域

[0001] 本发明涉及内燃机的燃烧控制装置,特别涉及通过对均质且稀薄的混合气进行火花点火来燃烧混合气的燃烧控制装置。

背景技术

[0002] 例如如专利文献1所公开的那样,已经广泛地知晓对稀薄的(空燃比较大的)混合气进行火花点火的稀薄混合气燃烧技术。在该稀薄混合气燃烧技术中,由于无法利用三元催化剂对包含在废气中的NO_x进行净化,因此,提高燃烧极限空燃比是很重要的。在专利文献1中公开了这样的技术:通过在火花塞附近成层地配置比较浓的(空燃比较小的)混合气,由此能够在提高整个燃烧室内的混合气的平均空燃比的同时使混合气稳定地燃烧。

[0003] 可是,在该技术中,由于在火花塞附近由于燃烧而产生的NO_x量较多,因此,要求进一步降低NO_x排出量。

[0004] 因此,本发明的发明者提出了均质稀薄混合气的火花点火燃烧技术(非专利文献1),该技术通过火花点火来使均质且稀薄的混合气燃烧,从而在确保稳定的燃烧的同时能够降低NO_x排出量。在该非专利文献1中,作为用于可靠地燃烧空燃比为“30”左右的均质稀薄混合气的办法,提出有进行压缩比设定以便将点火时的混合气温度提高至期望的温度的办法、以及使用微粒化型的燃料喷射阀的办法等。

[0005] 在先技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本特开平2002-256927号公报

[0008] 非专利文献

[0009] 非专利文献1:汽车技术会学术讲演会预印集(自動車技术会学术讲演会前刷集), No.121-12(2012/10)

发明内容

[0010] 发明要解决的课题

[0011] 在非专利文献1中,虽然示出了利用所提出的均质稀薄混合气的火花点火燃烧,来可靠地燃烧空燃比为“30”左右的均质的稀薄混合气从而降低NO_x的排出量,但关于应用于批量生产的内燃机的具体的燃烧控制办法存在进一步研究的余地。

[0012] 本发明是为了解决该问题而完成的,其目的在于提供一种内燃机的燃烧控制装置,该内燃机的燃烧控制装置能够可靠地实现均质稀薄混合气的火花点火燃烧,效率高且能够降低NO_x排出量。

[0013] 用于解决问题的手段

[0014] 为了实现上述目的,本发明提供内燃机的燃烧控制装置,该燃烧控制装置具备:火花点火单元,其对内燃机的燃烧室(1)内的混合气进行火花点火;点火控制单元,其控制该火花点火单元;以及空燃比控制单元,其控制所述燃烧室内的混合气的空燃比。该燃烧控制

装置具备均质稀薄混合气形成单元,该均质稀薄混合气形成单元在所述燃烧室内形成均质且稀薄的混合气,所述火花点火单元具备:火花塞(8);和多个点火线圈对(71、72),它们用于使该火花塞发生放电,并且,所述火花点火单元能够变更所述火花塞的放电的开始正时(CAIG)和持续时间(TSPK),所述均质稀薄混合气形成单元使用能够将燃料微粒化后进行喷射的燃料喷射阀(6)将燃料喷射至所述内燃机的进气通道(2)内,所述空燃比控制单元将所述空燃比控制成比规定的稀薄空燃比(AFL1)更靠稀薄侧的空燃比,其中,所述规定的稀薄空燃比(AFL1)比理论空燃比靠稀薄侧,所述点火控制单元控制所述火花塞的放电开始正时(CAIG)和所述放电持续时间(TSPK),并将所述放电开始正时(CAIG)设定成比对成层稀薄混合气进行点火的情况下的放电开始正时靠提前侧,其中,所述成层稀薄混合气是以所述火花塞附近处的混合气的空燃比相对减小的方式形成的。

[0015] 根据该结构,由于空燃比被控制成比规定的稀薄空燃比更靠稀薄侧的空燃比,其中,所述规定的稀薄空燃比比理论空燃比靠稀薄侧,且被微粒化后的燃料被喷射至进气通道内,因此,通过在进气通道内形成比较均质的稀薄混合气,进而再将该混合气吸入燃烧室内,从而能够形成均质度更高的稀薄混合气。另外,由于能够变更火花塞的放电开始正时和放电持续时间,因此,通过适当地设定放电开始正时和放电持续时间,即,通过将放电开始正时设定成比对成层稀薄混合气进行点火的情况下的放电开始正时靠提前侧,能够将放电持续时间设定得较长,由此能够可靠地对均质稀薄混合气进行点火。

[0016] 另外,优选的是:在比所述规定的稀薄空燃比(AFL1)靠稀薄侧的空燃比范围内,使所述空燃比越增大,所述点火控制单元就使所述放电开始正时(CAIG)越提前,并将所述放电持续时间(TSPK)设定得越长。

[0017] 根据该结构,在比规定的稀薄空燃比靠稀薄侧的空燃比范围内,进行这样的控制:空燃比越增大,放电开始正时就越提前,并将放电持续时间设定得越长。由此能够与空燃比的变更相对应地实现稳定的燃烧。

[0018] 另外,优选在所述燃烧室内,还具备流动生成单元(2a、4),该流动生成单元生成被吸入的混合气的流动。

[0019] 根据该结构,由于在燃烧室内,生成被吸入的混合气的流动,因此,能够利用火花塞的放电持续时间的设定和混合气流动形成强大的初始火焰核,从而能够实现高效的燃烧。

[0020] 另外,优选的是:所述均质稀薄混合气形成单元在所述装置的进气阀(21)的闭阀期间内执行基于所述燃料喷射阀(6)的第1燃料喷射(FI1),并且,在所述进气阀的开阀期间内执行基于所述燃料喷射阀的第2燃料喷射(FI2)。

[0021] 根据该结构,由于进行进气阀的闭阀期间内的第1燃料喷射和开阀期间内的第2燃料喷射,因此,通过利用第1燃料喷射在进气通道内形成均质度较高的稀薄混合气,并在之后的进气阀开阀期间内进行第2燃料喷射,能够在燃烧室内形成进一步提高了均质度的稀薄混合气。

[0022] 另外,优选的是:所述规定的稀薄空燃比(AFL1)被设定成:从所述燃烧室排出的 NO_x 量成为允许上限值以下。

[0023] 根据该结构,由于规定的稀薄空燃比被设定成从燃烧室排出的 NO_x 量成为允许上限值以下,因此,通过将空燃比控制在比规定的稀薄空燃比靠稀薄侧的空燃比范围内,能够

可靠地将NO_x排出量降低至允许上限值以下。

[0024] 另外,在所述内燃机的排气通路中设有含铂的三元催化剂,优选所述燃烧控制装置具备:第1升温促进控制单元,其在所述内燃机刚刚起动后执行用于促进所述三元催化剂(10)的升温的第1升温促进控制,直至控制切换正时(t1)为止;和第2升温促进控制单元,其在所述控制切换正时(t1)之后执行用于促进所述三元催化剂(10)的升温的第2升温促进控制,所述第1升温促进控制单元通过以下方式来执行所述第1升温促进控制:增加所述内燃机的吸入空气量,将所述混合气的空燃比(AF)控制成比理论空燃比靠稀薄侧的第1稀薄空燃比(AFTRA1),并将所述火花塞的放电开始正时(CAIG)设定成比最优点火正时靠延迟侧的规定的延迟点火正时(CATRA1),所述第2升温促进控制单元将所述空燃比(AF)控制成比所述第1稀薄空燃比(AFTRA1)更靠稀薄侧的第2稀薄空燃比(AFTRA2),使所述放电开始正时(CAIG)比所述规定的延迟点火正时(CATRA1)更延迟,并增加所述火花塞的放电持续时间(TSPK)。

[0025] 根据该结构,在内燃机刚刚起动后执行用于促进三元催化剂的升温的第1升温促进控制,直至控制切换正时为止,并且,在控制切换正时之后执行用于促进三元催化剂的升温的第2升温促进控制。在第1升温促进控制中,进行下述这样的控制:增加内燃机的吸入空气量,将空燃比控制成比理论空燃比靠稀薄侧的第1稀薄空燃比,并将火花塞的放电开始正时设定为比最优点火正时靠延迟侧的规定的延迟正时,并且,在第2升温促进控制中,进行下述这样的控制:将空燃比控制成比第1稀薄空燃比更靠稀薄侧的第2稀薄空燃比,使放电开始正时比规定的延迟点火正时进一步延迟,并增加火花塞的放电持续时间。关于含铂的三元催化剂,通过将空燃比设定成比以往的控制升温促进控制中的设定空燃比(例如“16”)更靠稀薄侧(例如“22”左右),能够以更低的温度进行活化,并且,在三元催化剂的温度某种程度上变高的控制切换正时之后,通过进行第2升温促进控制,能够加速三元催化剂的活化。因此,通过使空燃比更稀薄以及缩短催化剂促进控制的执行时间,能够改善油耗。

[0026] 另外,优选所述燃烧控制装置具备温度参数取得单元,该温度参数取得单元取得与所述三元催化剂的温度(TCAT)具有相关性的催化剂温度参数(TCAT),所述控制切换正时(t1)是所述催化剂温度参数(TCAT)达到规定的温度(TCATL)的正时。

[0027] 根据该结构,控制切换正时被设定为催化剂温度参数达到规定的温度的正时。由于第2升温促进控制有效是在三元催化剂的温度达到规定的温度的时刻之后,因此,通过从催化剂温度参数超过规定的温度的时刻开始执行第2升温促进控制,能够获得显著的促进升温效果。

[0028] 另外,优选的是:随着所述催化剂温度参数(TCAT)升高,所述第2升温促进控制单元使所述空燃比(AF)降低,使所述放电开始正时(CAIG)提前并且减少所述放电持续时间(TSPK)。

[0029] 根据该结构,进行下述这样的控制:随着催化剂温度参数升高,使空燃比降低,使放电开始正时提前并且减少放电持续时间。由于含铂的三元催化剂具有这样的特性:当催化剂温度升高时,空燃比越接近理论空燃比,净化性能就越高,因此,通过使催化剂温度参数越高,空燃比越降低,能够获得较高的净化性能。另外,通过降低空燃比,即使进行放电开始正时的提前和放电持续时间的缩短,也能够获得稳定的燃烧,因此,通过尽可能使放电开始正时提前并减少放电持续时间,能够增加内燃机输出并提高能效。

[0030] 另外,优选的是:所述第2升温促进控制单元在所述第2升温促进控制开始时,将所述混合气的流动的强度控制得较高,并从使所述空燃比降低至所述第1稀薄空燃比(AFTRA1)附近为止的时刻(t2)开始使所述流动的强度逐渐降低。

[0031] 根据该结构,在第2升温促进控制开始时,进行下述这样的控制:控制成流动的强度变得较高,并从使空燃比降低至第1稀薄空燃比附近为止的时刻开始逐渐降低流动的强度。通过降低空燃比的控制,即使降低流动的强度,燃烧也不会不稳定,因此,能够降低流动的强度,减少燃烧时的热量损失,从而提高热效率。

附图说明

[0032] 图1是示出本发明的一个实施方式的内燃机及其控制装置的结构图。

[0033] 图2是用于对设置于进气通道的滚流控制阀(4)的配置进行说明的图。

[0034] 图3是示出与1个气缸相对应的点火电路单元(7)的结构电路图。

[0035] 图4是用于对由燃料喷射阀(6)喷射的燃料的喷射状态进行说明的图。

[0036] 图5是示出燃料喷射阀(6)的开阀正时、开阀时间(TFI)和开阀时的升程量(LFT)的图。

[0037] 图6是示出空燃比(AF)与废气中的NO_x浓度(CNO_x)之间的关系的图。

[0038] 图7是示出压缩冲程和燃烧冲程中的缸内压(PCYL)的推移的图。

[0039] 图8是示出根据超稀薄混合气的目标空燃比(AFCMD)来设定火花塞的放电开始正时(CAIG)和放电持续时间(TSPK)的表格的图。

[0040] 图9是示出空燃比(AF)与三元催化剂的活化温度(TACT)之间的关系的图。

[0041] 图10是示出三元催化剂的温度(TCAT)与HC净化率(ηHC)之间的关系的图。

[0042] 图11是三元催化剂的升温促进控制处理的流程图。

[0043] 图12是示出在图11的处理中参照的表格的图。

[0044] 图13是示出图11的升温促进控制的动作例的流程图。

具体实施方式

[0045] 以下,参照附图对本发明的实施方式进行说明。

[0046] 图1是示出本发明的一个实施方式的内燃机(以下,称作“发动机”)及其控制装置的结构图,例如在4气缸型的发动机1的进气通道2的中途配置有节气门3。燃料喷射阀6与各气缸相对应地设置于进气通道2的节气门3的下游侧,其动作受电子控制单元(以下称为“ECU”)5控制。

[0047] 如图2所示,在进气通道2的靠近进气门21的上游侧设有隔壁2a和滚流控制阀4,该滚流控制阀4配置于由隔壁2a形成的1个流路中,滚流控制阀4构成为能够由致动器4a驱动开闭。致动器4a与ECU5连接,其动作受ECU5控制。通过滚流控制阀4在燃烧室1a内生成混合气的滚流。

[0048] 在发动机1的各气缸中安装有火花塞8,火花塞8经由点火电路单元7与ECU5连接。如后述那样,ECU5进行火花塞8的放电开始正时CAIG和放电持续时间TSPK的控制。

[0049] 检测发动机1的吸入空气流量G_{AIR}的吸入空气流量传感器11、检测进气温TA的进气温传感器12、检测节气门开度TH的节气门开度传感器13、检测进气压PBA的进气压传感器

14、检测发动机冷却水温TW的冷却水温传感器15以及未图示的其他传感器与ECU5连接,这些传感器的检测信号被供应至ECU5。

[0050] 检测发动机1的曲轴(未图示)的旋转角度的曲轴角度位置传感器16与ECU5连接,与曲轴的旋转角度相对应的脉冲信号被供应至ECU5。曲轴角度位置传感器16是输出表示曲轴角度位置的多个脉冲信号的传感器,该脉冲信号用于燃料喷射正时、点火正时(火花塞8的放电开始正时)等各种时机控制以及发动机转速NE的检测。

[0051] 在排气通道9中设有废气净化用的三元催化剂10。在三元催化剂10中安装有检测三元催化剂10的温度(以下,仅称作“催化剂温度”)TCAT的催化剂温度传感器18,其检测信号被供应至ECU5。在三元催化剂10的上游侧且在比与各气缸连通的排气歧管的集合部靠下游侧的位置安装有比例型氧气浓度传感器17(以下称为“LAF传感器17”),该LAF传感器17输出与废气中的氧气浓度(空燃比AF)大致成比例的检测信号,并供应至ECU5。

[0052] ECU5由下述部分等构成:输入电路,其具有对来自各种传感器的输入信号波形进行整形、将电平修正为规定的水平并将模拟信号值转换为数字信号值等功能;中央运算处理单元(CPU);存储电路,其存储由该CPU执行的各种运算程序和运算结果等;以及输出电路,其将驱动信号供应至燃料喷射阀6、点火电路单元7、致动器4a等。

[0053] 燃料喷射阀6的燃料喷射量是通过下述方式进行控制的:利用根据由LAF传感器17检测出的空燃比AF计算出的空燃比校正系数KAF对根据吸入空气流量GAIR计算出的基本燃料量进行校正。空燃比校正系数KAF以所检测出的空燃比AF与目标空燃比AFCMD一致的方式被计算出来。

[0054] 图3是示出与1个气缸相对应的点火电路单元7的结构的电路图,点火电路单元7具备:第1线圈对71,其由一次线圈71a和二次线圈71b构成;第2线圈对72,其由一次线圈72a和二次线圈72b构成;升压电路73,其对电池30的输出电压VBAT进行升压后输出升压电压VUP;三极管Q1、Q2,其进行一次线圈71a、72a的通电控制;以及二极管D1、D2,其连接在二次线圈71b、72b与火花塞8之间。

[0055] 三极管Q1、Q2的基极与ECU5连接,通过ECU5进行接通/断开控制(一次线圈的通电控制)。在使2个一次线圈的通电期间的一部分重复的同时进行交替通电,由此,能够根据发动机1的运转状态来变更火花塞8的放电的持续时间(放电持续时间)TSPK。另外,一次线圈的最初的通电结束正时相当于放电开始正时CAIG,放电开始正时CAIG也能够根据发动机1的运转状态进行变更。

[0056] 燃料喷射阀6是能够将燃料微粒化后进行喷射的阀,并且,使用具有SMD(Sauter Mean Diameter;索特尔平均直径)为 $35\mu\text{m}$ 左右(以350KPa的燃压进行喷射且来自喷射口的50mm下的SMD)的特性,且至少能够使阀的开度(升程量)在两个阶段进行变更的阀。图4的(a)示意性地示出由该燃料喷射阀6实现的燃料的喷射状态(所喷射的燃料的扩散状态),图4的(b)示出为了进行比较而示出的由通常的燃料喷射阀实现的燃料的喷射状态。在通常的燃料喷射阀中,呈圆锥状分布的燃料的周围部分的燃料浓度变大,与此相对,在燃料喷射阀6中,微粒化后的燃料的到达距离变小,且扩散区域内的浓度分布的均质度变高(浓度差变小)。

[0057] 图5是示出燃料喷射阀6的开阀正时、开阀时间TFI和开阀时的升程量LFT的图,横轴是曲轴角度CRA。在本实施方式中,在1个燃烧循环内的压缩冲程中执行第1燃料喷射FI1,

并且,在进气冲程中执行第2燃料喷射FI2。而且,将第1燃料喷射FI1设为升程量LFT1较大且开阀时间TFI1较短的燃料喷射,并且,将第2燃料喷射FI2设为升程量LFT2比升程量LFT1小且将开阀时间TFI2设定得比开阀时间TFI1长的燃料喷射。以第1和第2燃料喷射FI1、FI2的合计的燃料喷射量成为与目标空燃比AFCMD相对应的燃料喷射量的方式来设定升程量LFT1、LFT2和开阀时间(燃料喷射时间)TFI1、TFI2。

[0058] 通过使能够将燃料微粒化后进行喷射的燃料喷射阀6如图5所示那样进行开阀动作,首先能够利用第1燃料喷射FI1在进气通道2内形成比较均质的混合气,进而,通过执行第2燃料喷射FI2,能够将为了使检测空燃比AF与目标空燃比AFCMD一致而需要的量的燃料供应至燃烧室,而且,能够形成燃烧室内的空燃比分布大致同样的(均质度较高的)均质稀薄混合气。

[0059] 并且,优选在对象气缸的压缩冲程中执行第1燃料喷射FI1,并且,将第2燃料喷射FI2的结束正时设定在进气冲程的结束正时的紧前。

[0060] 在本实施方式中,预热结束后的目标空燃比AFCMD例如被设定在从“24”至“35”左右的范围(以下称为“超稀薄空燃比范围”)内。空燃比“24”(规定的空燃比AFL1)被设定成来自发动机1的NO_x排出量(废气中的NO_x浓度)成为允许上限值CNO_xHL(例如120PPm)以下。空燃比“35”是设定为用于获得必要的发动机输出的极限值的空燃比。

[0061] 图6是示出空燃比AF与废气中的NO_x浓度CNO_x之间的关系图,在空燃比AF为“16”以上的范围内,空燃比AF越增大(越稀薄(lean)化),NO_x浓度CNO_x越降低。因此,需要将规定的空燃比AFL1设定成:允许上限值CNO_xHL越降低,规定的空燃比AFL1越增大。

[0062] 火花塞8的放电开始正时CAIG与超稀薄空燃比范围内的目标空燃比AFCMD相对应地,被设定在上止点前50度至15度的范围内,并且,为了可靠地使均质稀薄混合气点火,而将放电持续时间TSPK设定在1.8~3msec。这样,以使设定放电持续时间TSPK时的放电能量成为150~600mJ的方式来设定升压电压VUP。基于以往的火花点火的稀薄混合气燃烧是这样的成层混合气燃烧:该燃烧是通过以使火花塞附近的空燃比相对变小的方式来生成燃烧室内的流动来实现的。与此相对,本实施方式的均质稀薄混合气燃烧中,将放电持续时间TSPK设定得较长,并且,将放电开始正时CAIG设定得比成层混合气燃烧的点火正时(例如8.0度)靠提前侧,使得能够确保该放电持续时间TSPK。

[0063] 此外,将发动机1的几何学压缩比(活塞位于下止点时的燃烧室容积与位于上止点时的燃烧室容积之比)设定得比通常的火花点火发动机的几何学压缩比稍大,以使最低实效压缩比成为9.0左右。

[0064] 另外,通过变更滚流控制阀4的开度来进行滚流生成控制,产生流速5~15m/Sec左右(发动机转速NE为1500rpm时的流速)的滚流。

[0065] 通过将放电持续时间TSPK设定得较长,并在燃烧室内生成滚流,由此形成强大的初始火焰核,并且,通过使该火焰核成长,能够将压缩上止点处的未燃烧混合气的温度提高至1000度K以上的温度,使支配燃烧层流速的基元反应改变为过氧化氢分解后生成羟基自由基的反应,并在压缩上止点之后,使燃烧可靠地结束。

[0066] 图7是示出压缩冲程和燃烧冲程中的缸内压PCYL的推移的图,实线L1与本实施方式对应,较粗的虚线L2与HCCI(均质混合气压缩点火)燃烧对应,较细的虚线与化学计量燃烧(将空燃比设定为理论空燃比的情况下的燃烧)对应。在该图中,曲轴角度CRA的0度与压

缩上止点对应。并且,化学计量燃烧的情况下的点火正时被设定在比压缩上止点稍微靠提前侧(例如曲轴角度为10度以内的范围内)。

[0067] 能够确认到:通过基于本实施方式的均质稀薄混合气的火花点火的燃烧,能够获得高效且稳定的燃烧。

[0068] 另外,在本实施方式中,在发动机1的预热结束后,根据发动机1的要求扭矩将目标空燃比AFCMD设定在超稀薄空燃比范围内,并根据目标空燃比AFCMD来设定火花塞8的放电开始正时CAIG和放电持续时间TSPK。

[0069] 具体而言,如图8的(a)所示,放电开始正时CAIG(以从压缩上止点开始的提前量来定义)被设定成:目标空燃比AFCMD越增大,放电开始正时CAIG越提前。并且,如图8的(b)所示,放电持续时间TSPK被设定成:目标空燃比AFCMD越增大,放电持续时间TSPK越长。图8所示的AFL1和AFL2例如是被分别设定为“24”和“35”的规定的空燃比,并且,图8的(a)所示的CAIG1、CAIG2例如是被分别设定为“15度”和“50度”的规定的提前量,并且,图8的(b)所示的TSPK1、TSPK2例如是被分别设定为“1.8msec”和“3msec”的规定的放电时间。

[0070] 并且,优选的是:如上所述那样,根据目标空燃比AFCMD来设定放电开始正时CAIG,并且,发动机转速NE越高,使放电开始正时CAIG越提前。由于发动机转速NE越高,与放电持续时间TSPK相对应的曲轴角度CRA越增大,因此,通过使放电开始正时CAIG提前,从而即使在高速旋转状态下也能够确保必要的放电持续时间TSPK,并能够获得稳定的燃烧。

[0071] 如以上那样,根据本实施方式,由于能够在燃烧室内形成超稀薄空燃比的均质混合气,可靠地进行点火,从而完成燃烧,因此,能够对均质稀薄混合气进行控制性良好的火花点火,使火焰传播燃烧,从而能够实现高效且NO_x排出量较少的燃烧。

[0072] 更具体来说,由于被燃料喷射阀6微粒化后的燃料被喷射至进气通道2内,因此,能够首先在进气通道2内形成比较均质的稀薄混合气,进而,再通过被吸入燃烧室1a内,从而形成均质度更高的稀薄混合气。另外,由于能够控制火花塞8的放电开始正时CAIG和放电持续时间TSPK,因此,通过适当地设定放电开始正时CAIG和放电持续时间TSPK,即,通过将放电开始正时CAIG设定成比对成层稀薄混合气进行点火的情况下的放电开始正时靠提前侧,从而能够将放电持续时间TSPK设定得较长,由此能够可靠地对均质稀薄混合气进行点火。

[0073] 另外,在从图8所示的规定的空燃比AFL1至AFL2的超稀薄空燃比范围内,进行这样的控制:目标空燃比AFCMD越增大,使火花塞8的放电开始正时CAIG越提前,并将放电持续时间TSPK设定得越长。因此,能够与目标空燃比AFCMD的变更相对应地实现稳定的燃烧。

[0074] 另外,由于使用滚流控制阀4在燃烧室内生成混合气的流动,因此,能够利用火花塞8的放电持续时间TSPK的设定和混合气流动,形成强大的初始火焰核、即能够将压缩上止点处的燃烧混合气温度提高至1000度K以上的初始火焰核,由此能够实现高效的燃烧。即,在本实施方式中,燃烧室内的混合气流动不是为了相对减小火花塞附近的空燃比而生成的,而是为了形成使燃烧结束的强大的初始火焰核而生成的。

[0075] 另外,利用进气阀21的闭阀期间内的第1燃料喷射FI1而在进气通道2内形成均质度较高的稀薄混合气,并在之后的进气阀开阀期间内进行第2燃料喷射FI2,由此,能够在燃烧室1a内形成进一步提高了均质度的稀薄混合气。

[0076] 另外,由于作为超稀薄空燃比范围的下限值的规定的空燃比AFL1被设定成:从燃烧室排出的NO_x量成为允许上限值以下,因此,通过将空燃比控制在比规定的空燃比AFL1靠

稀薄侧的超稀薄空燃比范围内,由此能够可靠地将NO_x排出量降低至允许上限值以下。

[0077] 在本实施方式中,在发动机1刚进行冷起动之后,执行三元催化剂10的升温促进控制。下面,对该升温促进控制详细地进行说明。

[0078] 图9是示出空燃比AF与三元催化剂10的活化温度TACT之间的关系的图,实线与本实施方式中的含铂的三元催化剂10对应,虚线是为了比较而示出包含钨的三元催化剂的活化温度TACT与空燃比AF之间的关系。活化温度TACT被定义为废气中的碳化氢成分的净化率(HC净化率)为10%的温度。

[0079] 根据图9,能够确认到:虽然在包含钨的三元催化剂中,在空燃比AF从“17”至“18”左右的范围内活化温度TACT成为最低(提前活化),但在含铂的三元催化剂10中,越提高空燃比AF,活化温度TACT越降低。因此,为了使三元催化剂10提前活化,通过从空燃比“20”至“22”左右的稀薄空燃比燃烧来进行升温促进控制是有效的。

[0080] 图10是示出三元催化剂10的温度即催化剂温度TCAT与HC净化率 η_{HC} 之间的关系的图,各曲线L11~L15与图中所示的空燃比AF对应。由该图能够确认到:在催化剂温度TCAT为250℃左右处,空燃比AF为“22.5”,能够获得较高的净化率,随着催化剂温度TCAT上升,空燃比AF降低,由此,总是能够获得较高的净化率。

[0081] 因此,在本实施方式的升温促进控制中,从催化剂温度TCAT一定程度上升后的时刻(例如上升至220℃的时刻)开始,根据催化剂温度TCAT来控制空燃比AF,由此,在图10中,实现了由点划线L10示出的那样的催化剂温度TCAT与HC净化率 η_{HC} 之间的关系。

[0082] 图11是上述升温促进控制处理的流程图。在ECU5中,每隔规定的时间(例如10msec)就执行该处理。

[0083] 在步骤S11中,判别催化剂温度TCAT是否比规定的上侧温度TCATH(例如350℃)低,当该回答为否定(NO)即催化剂温度TCAT足够高时,不需要升温促进控制,因此,立即结束处理。当步骤S11的回答为肯定(YES)时,判别催化剂温度TCAT是否比规定的下侧温度TCATL(例如220℃)高(步骤S12)。在发动机1刚进行冷起动之后,最初,该回答成为否定(NO),然后通过步骤S13~S16执行第1升温促进控制。规定的下侧温度TCATL相当于基于上述稀薄空燃比燃烧的升温促进控制(第2升温促进控制)成为有效的最低温度。

[0084] 在步骤S13中,将节气门3的目标开度THCMD设定为促进升温空转开度THFIDL,从而使发动机1的吸入空气量增加。在步骤S14中,将目标空燃比AFCMD设定为第1规定空燃比AFTRA1(例如“16”),在步骤S15中,将火花塞8的放电开始正时CAIG设定在比最优的点火正时靠延迟侧的第1规定正时CATRA1(例如3度),并且,将放电持续时间TSPK设定为第1规定时间TTRA1(例如2.0msec(与放电能量180mJ相当的值))。在步骤S16中,将滚流控制阀4的开度指令值TCVCMD设定为较小的第1规定开度TCVTRA1,作为与流动的状态较高的状态相对应的开度设定。在本实施方式中,放电开始正时CAIG以从压缩上止点开始的提前量来定义。另外,开度指令值TCVCMD的增大与降低滚流的强度对应。

[0085] 并且,目标开度THCMD、目标空燃比AFCMD、放电持续时间TSPK和开度指令值TCVCMD从发动机1的起动开始时的初始值开始逐渐变更至上述设定值为止。

[0086] 当通过第1升温促进控制使催化剂温度TCAT超过规定的下侧温度TCATL时,步骤S12的回答成为肯定(YES),从而执行基于步骤S21~S24的第2升温促进控制。

[0087] 在步骤S21中,根据催化剂温度TCAT来检索图12的(a)所示的AFCMD表格,并设定目

标空燃比AFCMD。AFCMD表格中,在催化剂温度TCAT比规定的下侧温度TCATL低的范围内,设定为第1规定空燃比AFTRA1,而在规定的下侧温度TCATL以上的范围内,设定成:催化剂温度TCAT越高,目标空燃比AFCMD越降低。图12的(a)的第2和第3规定空燃比AFTRA2、AFTRA3例如分别被设定为“22.5”和“14.7”。

[0088] 在步骤S22中,根据目标空燃比AFCMD来设定放电开始正时CAIG和放电持续时间TSPK。具体而言,根据目标空燃比AFCMD来检索图12的(b)所示的CAIG表格,计算出放电开始正时CAIG,并且,根据目标空燃比AFCMD来检索图12的(c)所示的TSPK表格,计算出放电持续时间TSPK。

[0089] CAIG表格被设定成:目标空燃比AFCMD越增大,放电开始正时CAIG越降低。图12的(b)的第2和第3规定正时CATRA2、CATRA3例如分别被设定为“0度”和“10度”。第2规定正时CATRA2被设定成:比最优点火正时靠延迟侧且比第1规定正时CATRA1更靠延迟侧。

[0090] TSPK表格被设定成:目标空燃比AFCMD越增大,放电持续时间TSPK越增加。图12的(c)的第2和第3规定时间TTRA2、TTRA3例如分别被设定为“5.0msec”和“1.5msec”。

[0091] 在步骤S23中,判别目标空燃比AFCMD是否为第1规定空燃比AFTRA1以下。当该回答为否定(NO)时,立即结束处理,当该回答为肯定(YES)时,进行使滚流控制阀4的开度指令值TCVCMD从第1规定开度TCVTRA1渐增到第2规定开度TCVTRA2(>TCVTRA1)为止的处理(步骤S24)。

[0092] 并且,在第2升温促进控制的最开始,针对目标空燃比AFCMD、放电开始正时CAIG和放电持续时间TSPK,进行从第1升温促进控制中的设定值起逐渐变化至步骤S21和S22中所计算出的最初的设定值为止的过渡控制。

[0093] 图13是示出图11的升温促进控制的动作例的时序图,图13的(a)示出从发动机1的起动时刻(时刻t0)开始的催化剂温度TCAT和废气温度TEXH的推移,图13的(b)~图13的(e)分别示出空燃比AF、放电持续时间TSPK、放电开始正时CAIG和滚流控制阀4的开度指令值TCVCMD的从时刻t0开始的推移。

[0094] 从刚刚起动后开始执行第1升温促进控制,将空燃比AF、放电持续时间TSPK、放电开始正时CAIG和开度指令值TCVCMD分别设定为第1规定空燃比AFTRA1、第1规定时间TTRA1、第1规定正时CATRA1和第1规定开度TCVTRA1。

[0095] 在时刻t1处,当催化剂温度TCAT到达规定的下侧温度TCATL时,从第1升温促进控制转移至第2升温促进控制。在第2升温促进控制的最开始,进行逐渐转移至最初的设定值的过渡控制,将空燃比AF、放电持续时间TSPK和放电开始正时CAIG分别变更为第2规定空燃比AFTRA2、第2规定时间TTRA2和第2规定正时CATRA2。并且,至时刻t2为止,将开度指令值TCVCMD维持在第1规定开度TCVTRA1。时刻t2是目标空燃比AFCMD降低至第1规定空燃比AFTRA1为止的时刻(参照图11、步骤S23)。

[0096] 在时刻t3处,催化剂温度TCAT到达规定的上侧温度TCATH,第2催化剂升温促进控制结束。第2升温促进控制结束后,转移至通常控制,进行与发动机运转状态相对应的目标空燃比AFCMD的设定。

[0097] 如以上那样,在本实施方式中,在发动机1刚刚起动后,执行用于促进三元催化剂10的升温的第1升温促进控制,直至催化剂温度TCAT到达规定的下侧温度TCATL的时刻t1为止,在时刻t1之后执行第2升温促进控制。在第1升温促进控制中,进行下述这样的控制:通

过增加节气门3的开度来增加吸入空气量,将空燃比AF控制成比理论空燃比靠稀薄侧的第1规定空燃比AFTRA1,并将火花塞8的放电开始正时CAIG设定为比最优点火正时靠延迟侧的第1规定正时CATRA1,并且,在第2升温促进控制中,进行下述这样的控制:将空燃比AF控制成比第1规定空燃比AFTRA1更靠稀薄侧的第2规定空燃比AFTRA2,使放电开始正时CAIG比第1规定正时CATRA1进一步延迟,并增加火花塞8的放电持续时间TSPK。关于含铂的三元催化剂10,通过将空燃比AF设定成比以往的控制升温促进控制中的设定空燃比(例如“16”)更靠稀薄侧(例如“22”左右),由此,能够以较低温度进行活化,并且,在催化剂温度TCAT达到规定的下侧温度TCATL的时刻t1之后,通过进行第2升温促进控制,能够加速三元催化剂10的活化。因此,通过使空燃比AF更稀薄以及缩短催化剂促进控制的执行时间,能够改善油耗。

[0098] 另外,由于第2升温促进控制有效是在三元催化剂10的温度TCAT达到规定的下侧温度TCATL的时刻之后,因此,通过从催化剂温度TCAT超过规定的下侧温度TCATL的时刻开始执行第2升温促进控制,能够获得显著的促进升温效果。

[0099] 另外,在第2升温促进控制中,进行下述这样的控制:使催化剂温度TCAT越高,空燃比AF就越降低,使放电开始正时CAIG提前并减少放电持续时间TSPK。含铂的三元催化剂10具有这样的特性:催化剂温度TCAT越高,空燃比AF越接近理论空燃比,净化性能就越高。因此,通过使催化剂温度TCAT越高,空燃比AF(目标空燃比AFCMD)越降低,从而能够获得较高的净化性能。另外,通过降低空燃比AF,即使进行放电开始正时CAIG的提前和放电持续时间TSPK的缩短,也能够获得稳定的燃烧,因此,通过尽可能使放电开始正时CAIG提前并减少放电持续时间TSPK,能够增加发动机输出并提高能效。

[0100] 另外,在第2升温促进控制开始时,进行下述这样的控制:控制成将滚流控制阀4的开度设定成第1规定开度TCVTRA1,流动的强度变得较高,并从使空燃比AF降低至第1规定空燃比AFTRA1附近为止的时刻开始逐渐降低流动的强度。通过降低空燃比AF的控制,即使降低流动的强度,燃烧也不会不稳定,因此,能够降低流动的强度,减少燃烧时的热量损失,从而提高热效率。

[0101] 在本实施方式中,点火电路单元7和火花塞8相当于火花点火单元,隔壁2a和滚流控制阀4相当于流动生成单元。另外,ECU5构成点火控制单元、空燃比控制单元、第1升温促进控制单元和第2升温促进控制单元,燃料喷射阀6和ECU5构成均质稀薄混合气形成单元,催化剂温度传感器18构成温度参数取得单元。

[0102] 并且,本发明并不限于上述实施方式,能够进行各种变形。例如,在上述的实施方式中,虽然将所检测的催化剂温度TCAT作为催化剂温度参数使用,但也可以替代催化剂温度TCAT,而将下面这样的参数、即将废气温度传感器配置于三元催化剂10的上游侧、利用该废气温度传感器检测出的废气温度TEXH用作催化剂温度参数。在这样的变形例中,废气温度传感器构成温度参数取得单元。另外,也可以例如使用日本特开2012-77740号公报中所示的催化剂温度推定办法,根据发动机1的运转状态来计算出推定催化剂温度TCATE,将推定催化剂温度TCATE用作催化剂温度参数。

[0103] 另外,虽然在上述的实施方式中,将从第1升温促进控制转移至第2升温促进控制的控制切换正时(时刻t1)作为催化剂温度TCAT达到规定的下侧温度TCATL的时刻,但并不限于此,例如也可以将从发动机1的冷起动开始时刻开始的经过时间达到催化剂温度

TCAT被推定为到达规定的下侧温度TCATL的时间的时刻、或从冷起动开始时刻开始的燃料喷射量累计值到达催化剂温度TCAT被推定为达到规定的下侧温度TCATL的值的时刻、即将催化剂温度TCAT被推定为到达第2升温促进控制成为有效的温度的时刻作为“控制切换正时”。

[0104] 另外,在上述的实施方式中,作为流动生成单元,使用了生成滚流的机构,但也可以采用生成旋流的机构。另外,也可以将燃烧室1a和活塞顶部的形状构成为能够生成挤流。另外,虽然将点火电路单元7的线圈对与1个火花塞相对应地设置2个,但也可以设置3个以上。

[0105] 另外,虽然在上述的实施方式中示出了4气缸型的发动机的示例,但本发明能够与气缸的数量无关地进行应用。另外,本发明还能够应用于将曲轴作为铅直方向的船外机等这样的船舶推进机用发动机等燃烧控制装置中。

[0106] 标号说明

[0107] 1:内燃机;

[0108] 2:进气通道;

[0109] 2a:隔壁(流动生成单元);

[0110] 4:滚流控制阀(流动生成单元);

[0111] 5:电子控制单元(点火控制单元、空燃比控制单元、均质稀薄混合气形成单元、第1和第2升温促进控制单元);

[0112] 6:燃料喷射阀(均质稀薄混合气形成单元);

[0113] 7:点火电路单元(火花点火单元);

[0114] 8:火花塞(火花点火单元);

[0115] 10:三元催化剂;

[0116] 18:催化剂温度传感器(温度参数取得单元);

[0117] 19:致动器;

[0118] AFCMD:目标空燃比;

[0119] CAIG:放电开始正时;

[0120] TSPK:放电持续时间;

[0121] AFCMD:目标空燃比

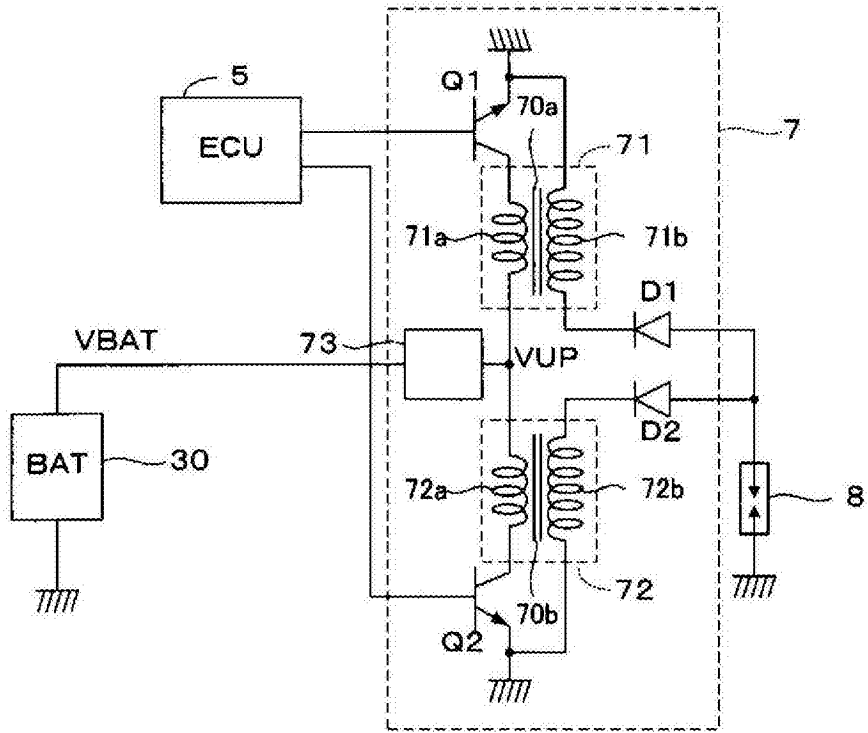


图3

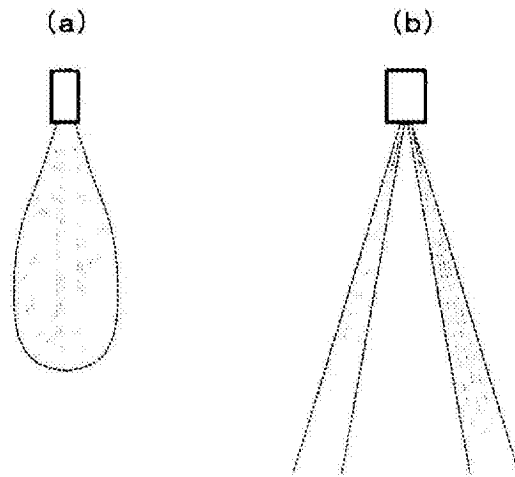


图4

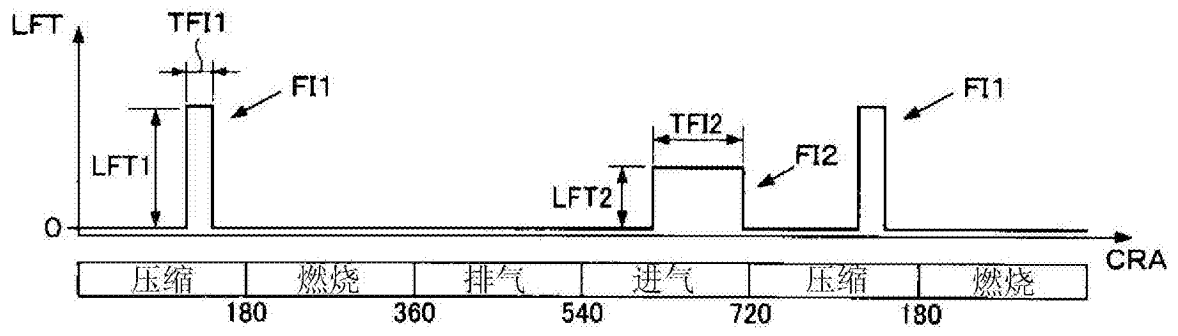


图5

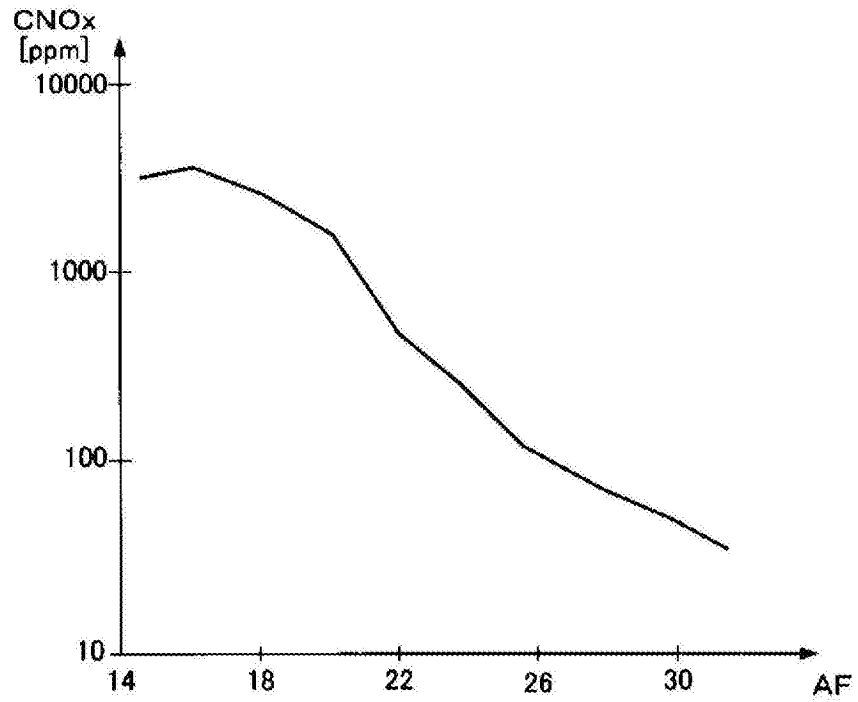


图6

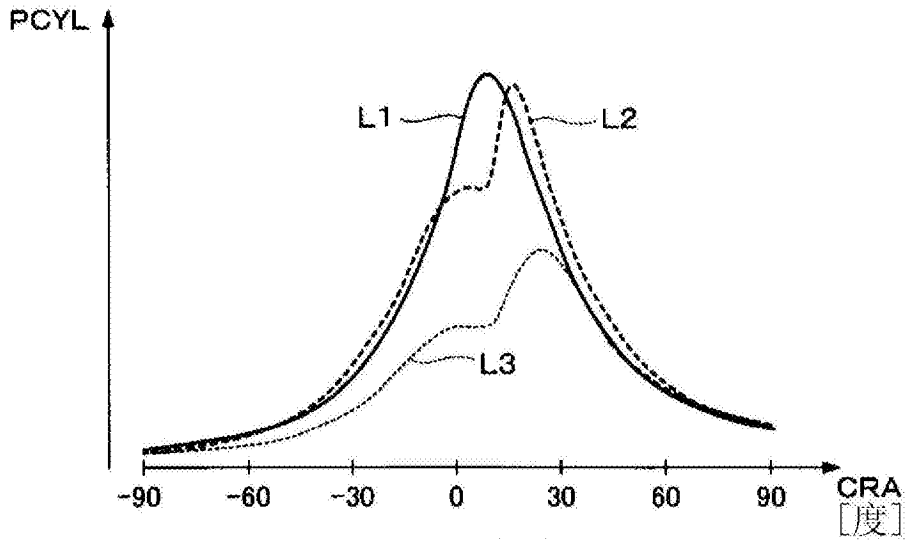


图7

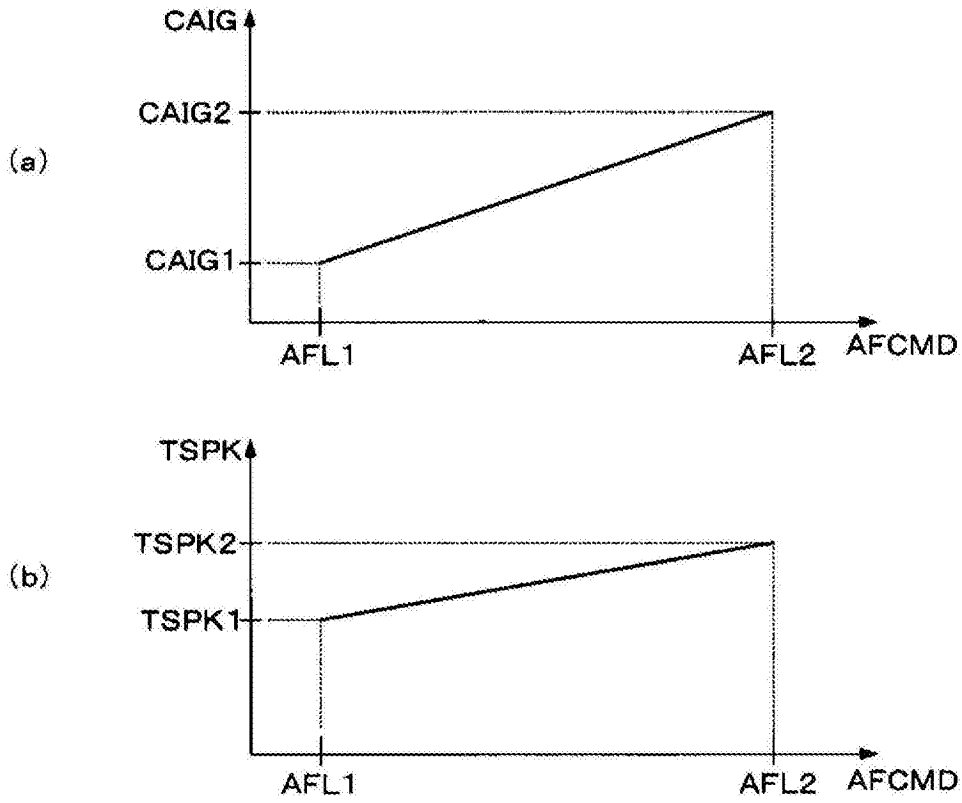


图8

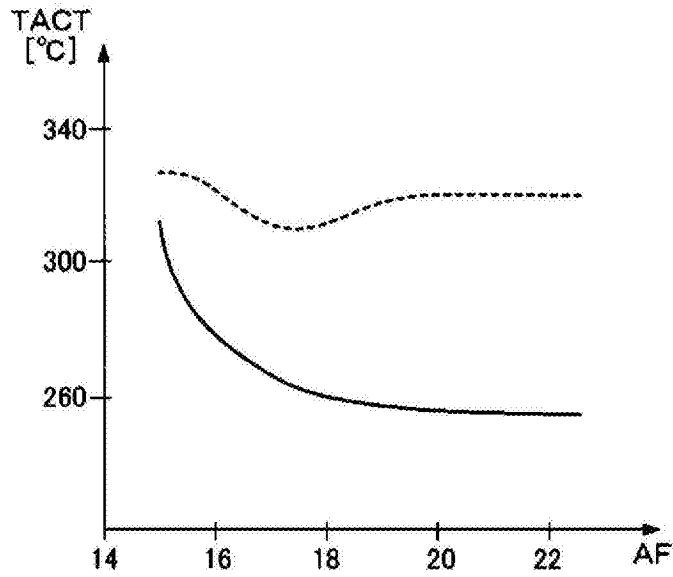


图9

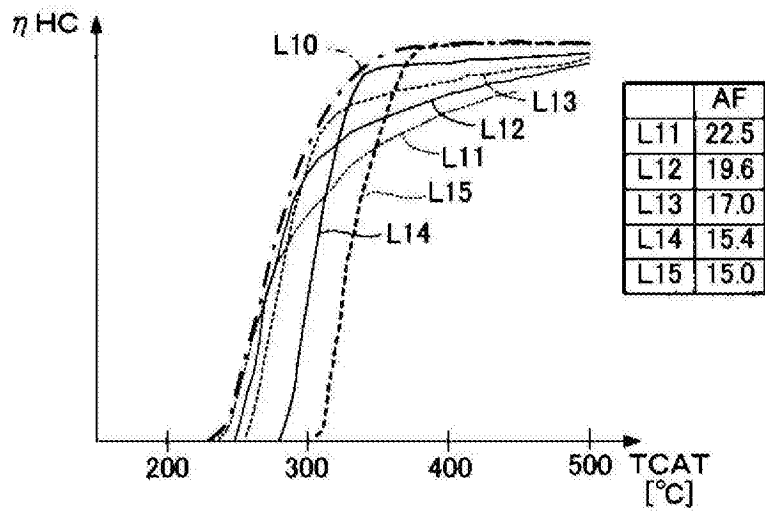


图10

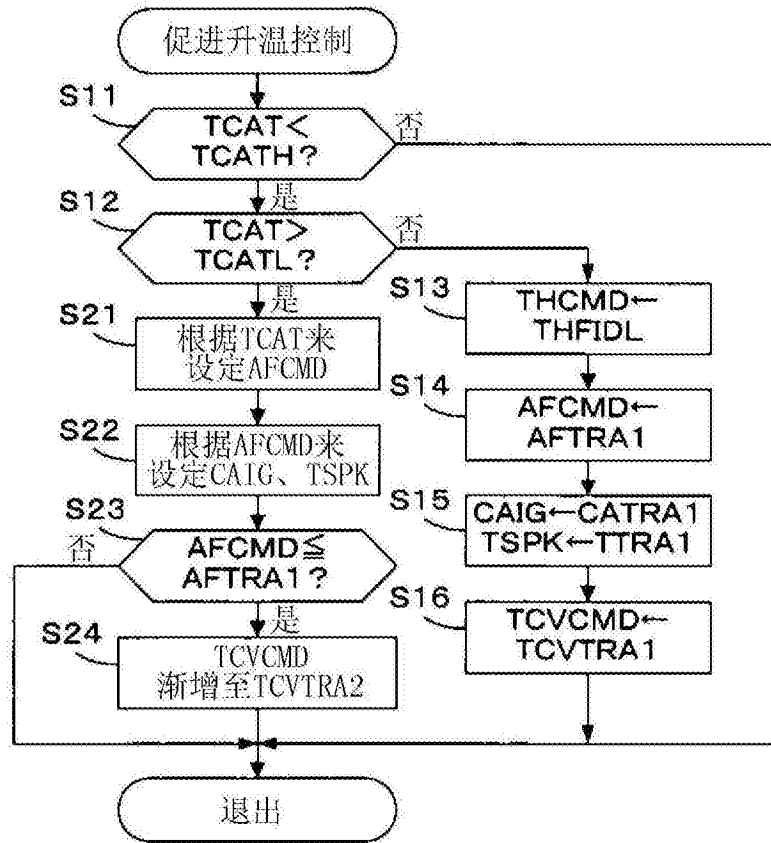


图11

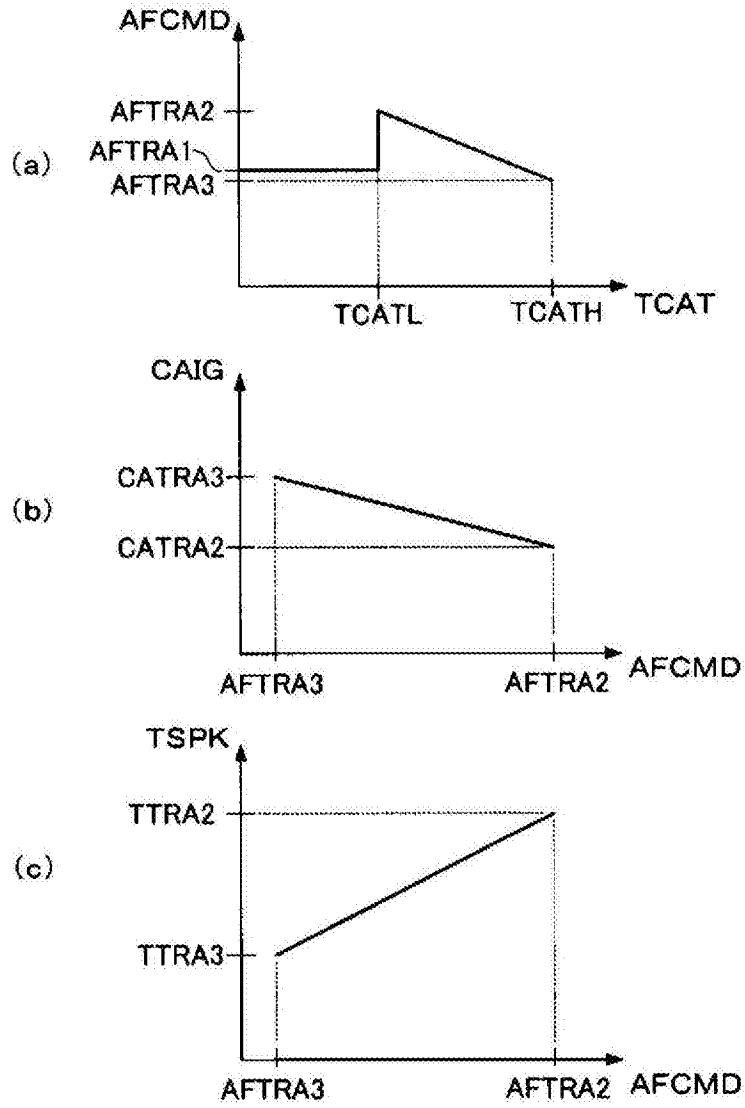


图12

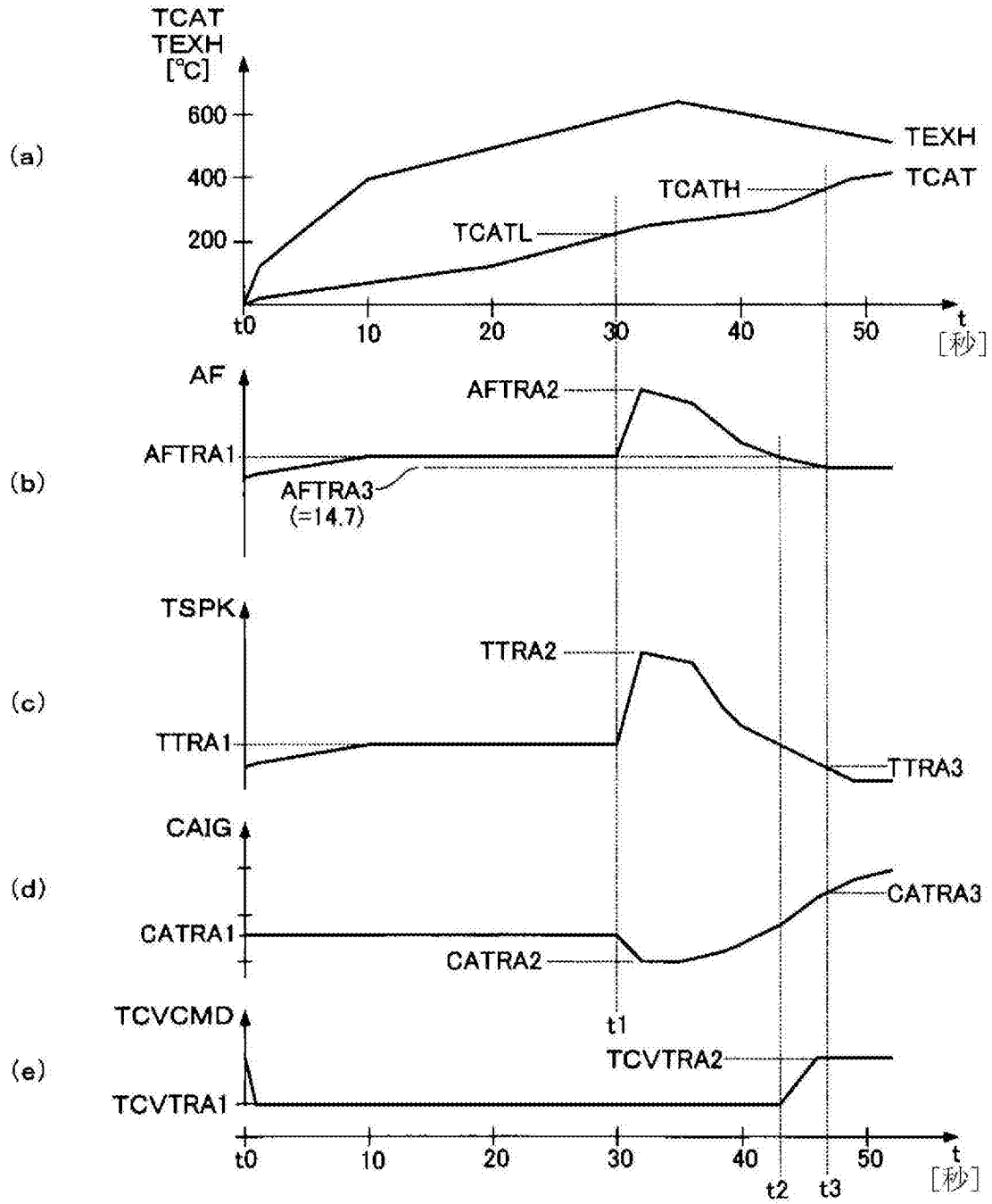


图13