



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102016268 A

(43) 申请公布日 2011.04.13

(21) 申请号 200880124523.X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2008.12.04

F02D 41/00 (2006.01)

(30) 优先权数据

F02D 41/40 (2006.01)

2008-004198 2008.01.11 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.07.12

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/003595 2008.12.04

(87) PCT申请的公布数据

W02009/087715 EN 2009.07.16

(71) 申请人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

(72) 发明人 寺田宁之 滩光博 松永彰生

土山牧男

(74) 专利代理机构 北京金信立方知识产权代理

有限公司 11225

代理人 黄威 孙丽梅

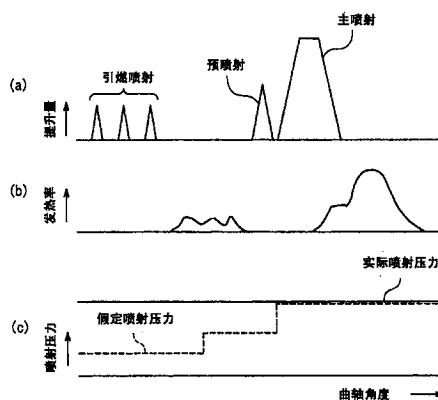
权利要求书 1 页 说明书 16 页 附图 6 页

(54) 发明名称

内燃机的燃料喷射控制装置

(57) 摘要

在一个实施例中,根据气缸中的压缩气体温度与燃料自燃温度之间的差来计算总引燃喷射量。作为引燃喷射,进行多次分割引燃喷射,并且通过将每一次分割引燃喷射的喷射量设定为喷射器最小极限喷射量,抑制了各次分割引燃喷射量,并且将燃料的贯穿力抑制到低水平,从而避免了燃料附着到壁面上,而且,使得燃料累积在气缸的中央部分处。



1. 一种压缩自燃式内燃机的燃料喷射控制装置，作为从燃料喷射阀喷射燃料的操作，所述内燃机至少能够执行主喷射和在所述主喷射之前进行的副喷射，所述燃料喷射控制装置包括：

总副喷射量计算部，其求出在所述副喷射中所需的总副喷射量；以及

副喷射控制部，其通过由多次分割副喷射来分割已经利用所述总副喷射量计算部求出的所述总副喷射量，而从所述燃料喷射阀间歇地喷射所述总副喷射量；其中

每一次所述分割副喷射的燃料喷射量或所述燃料喷射阀的开阀期间被设定为一值，由此从所述燃料喷射阀喷射出的燃料的贯穿力被限定为使得燃料不会到达气缸内壁面的大小。

2. 根据权利要求1所述的内燃机的燃料喷射控制装置，其中，所述副喷射控制部被构造为将每一次所述分割副喷射的燃料喷射量设定为所述燃料喷射阀的最小极限喷射量。

3. 根据权利要求1所述的内燃机的燃料喷射控制装置，其中，所述副喷射控制部被构造为将每一次所述分割副喷射的所述燃料喷射阀的开阀期间设定为所述燃料喷射阀的最短开阀期间。

4. 根据权利要求1至3中的任一项所述的内燃机的燃料喷射控制装置，其中：

利用所述副喷射而喷射出的燃料由于所述燃料的燃烧而被用作在所述内燃机的压缩冲程期间使所述气缸内的压缩气体温度上升至燃料自燃温度的热源；并且

随着所述气缸内的所述压缩气体温度变得更低于所述燃料自燃温度，所述总副喷射量计算部设定更大的总副喷射量。

5. 根据权利要求1至3中的任一项所述的内燃机的燃料喷射控制装置，其中，所述副喷射控制部被构造为设定各次分割副喷射的喷射正时，使得在燃料不与利用各次分割副喷射而喷射出的且沿着所述气缸内的涡流流动的燃料重叠的正时喷射燃料。

6. 根据权利要求5所述的内燃机的燃料喷射控制装置，其中

所述副喷射控制部被构造为，对于利用下列公式(1)计算出的分割副喷射的喷射次数，

(分割副喷射的喷射次数) = (在副喷射中所需的总副喷射量) / (燃料喷射阀的最小极限喷射量) (1)

每隔利用下列公式(2)计算出的各次分割副喷射之间的间隔的曲轴转动角度换算值执行所述分割副喷射，

(各次分割副喷射之间的间隔的曲轴转动角度换算值) = $360 / (\text{燃料喷射阀的喷孔数}) / (\text{分割副喷射的喷射次数}) / (\text{涡流比})$ (2)。

内燃机的燃料喷射控制装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种由柴油发动机代表的内燃机的燃料喷射控制装置。更特别地，本发明涉及关于可以通过燃料喷射阀在主喷射之前进行副喷射（下文中也被称为引燃喷射）的压缩自燃式内燃机的在所述副喷射中的喷射形式的改进。

背景技术

[0002] 众所周知，在用作汽车发动机等的柴油发动机中，进行根据诸如发动机转数、加速器操作量、冷却液温度以及进气温度的运转状态来调节燃料喷射阀（下文中也被称为喷射器）的燃料喷射正时和燃料喷射量的燃料喷射控制。

[0003] 顺带提及，柴油发动机燃烧包括预混燃烧和扩散燃烧。当来自燃料喷射阀的燃料喷射开始时，首先通过燃料的汽化和扩散来生成可燃混合气（点火延迟期间）。接下来，该可燃混合气在燃烧室中的多处在大约同一时刻自燃，并且燃烧迅速进行（预混燃烧）。此外，到燃烧室中的燃料喷射继续，使得燃烧继续进行（扩散燃烧）。之后，即使在燃料喷射已经结束之后未燃燃料仍然存在，因此在一时间段内持续生热（后燃期间）。

[0004] 而且，在柴油发动机中，随着点火延迟期间变长，或者随着燃料在点火延迟期间的汽化变得更强，点火之后的火焰传播速度将增大。当该火焰传播速度大时，立即燃烧的燃料的量变得过大，气缸内的压力急剧增大，因此产生了振动或噪声。这种现象被称为柴油机爆震，并且通常特别是发生在低负荷运转时。而且，在这种状况下，燃烧温度急剧上升，伴随的是生成的氮氧化物（下文中被称为“NO_x”）的量的增大，因此废气排放变得恶化。

[0005] 因此，为了防止柴油机爆震并且降低 NO_x 的生成量，已经开发了各种燃料喷射控制装置。例如，已经开发了这样一种燃料喷射装置，由此在主喷射之前进行喷射少量燃料的引燃喷射，导致了有助于发动机扭矩产生的燃烧。也就是说，通过预加热气缸内已经利用所述引燃喷射而喷射出的燃料，气缸内的温度上升，因此，在主喷射的喷射正时的缸内温度（例如，压缩端温度）上升至燃料自燃温度，从而抑制了主喷射中的点火延迟（参见如下专利引文 1 至 2）。

[0006] 专利引文 1 公开了在设置有共轨式燃料喷射装置的柴油发动机中，在实际共轨内压与目标共轨内压之间的差的绝对值至少为阈值的情况下，进行分割为两次喷射的引燃喷射。专利引文 2 公开了通过进行分割为三次喷射的引燃喷射来防止由于燃料高压管道内的压力脉动的影响而引起的喷射量脉动。

[0007] 专利引文 1：JP 2003-74403A

[0008] 专利引文 2：JP 2004-27939A

发明内容

[0009] 技术问题

[0010] 顺带提及，优选的是，使利用上述主喷射而喷射出的燃料粒子化，以便具有良

好的可燃性并且缩短点火期间。为了所述燃料粒子化，需要设定高的燃料喷射压力。例如，在上述各个专利引文中公开的设置有共轨式燃料喷射装置的柴油发动机中，将用于确定燃料喷射压力的共轨内压的目标值（例如，当发动机在高负荷下运行时的目标值）设定为大约为 400MPa 的非常高的值，从而实现了燃料的粒子化。

[0011] 另一方面，当利用上述引燃喷射来喷射燃料时，在该喷射正时，活塞仍然位于压缩上止点位置之前的位置，并且气缸中的压力低，因此这并不是燃料紧接在引燃喷射之后燃烧的情况。因此，喷射出的燃料在喷雾状态下被供给到气缸中（在预混状态下被供给）。

[0012] 本发明的发明人考虑到在上述主喷射时所需的燃料的状态和已经利用引燃喷射而喷射出的燃料的状态，考察了以下几点关于用于确定当执行引燃喷射时的喷射形式的技术，并且研究了前述确定技术的构造。

[0013] 在共轨内压被设定为高压的情况下，为了实现如上所述在主喷射中的燃料的粒子化，设定如下条件：其中，利用引燃喷射而喷射出的燃料也以高的喷射压力被喷射到气缸中。

[0014] 在这种条件下，当每次的引燃喷射量被设定为较大时，已经利用所述引燃喷射而喷射出的燃料的贯穿力非常高，因此大量的所述燃料的喷雾将到达气缸中的壁面处（气缸内壁面），因此存在如下高可能性：润滑油会被已经到达气缸内壁面的燃料稀释，或者会发生气缸内壁面的润滑油被冲洗掉的所谓的膛闪火（bore flashing）。而且，存在如下可能性：由于附着到气缸内壁面上的该燃料，排气中的 HC 和 CO 将增加，从而废气排放变得恶化。

[0015] 另一方面，由于上述高的贯穿力，还未到达气缸内壁面处的燃料（喷雾）会到达气缸内壁面的附近，并且在气缸内的大范围内扩散。因此，在气缸的整个内部，空燃比基本上是稀的。结果，存在如下可能性：即使压缩冲程进行，已经利用所述引燃喷射而喷射出的燃料仍不能点燃，因此无法获得由于进行引燃喷射而产生的效果。

[0016] 为了消除所述问题，可以想象到的是，将共轨内压设定为低压从而将引燃喷射中的喷射压力抑制到低压，但是此处利用主喷射而喷射出的燃料的粒子化被破坏，使得点燃恶化，从而存在会产生烟尘的顾虑。

[0017] 而且，可以想象到的是，使引燃喷射的点火正时延迟，但是此处存在如下危险：引燃喷射将会在气缸内压上升时的正时进行，燃料燃烧将与引燃喷射同时开始，从而氧气消耗量将局部增大，并且在这种情况下也存在会产生烟尘的顾虑。

[0018] 此外，即使在已经利用引燃喷射而喷射出的燃料具有高的贯穿力因此在气缸内的整个大范围内扩散的状况下，为了为空燃比设定浓状态从而在压缩冲程已经推进时可以进行点火，可以想象到的是，增加引燃喷射中的燃料喷射量。然而，在这种情况下，由已经利用引燃喷射而喷射出的燃料的吸热反应所吸收的热量显著增大，并且存在如下高可能性：引燃喷射会发生点火延迟，结果，无法充分地获得引燃喷射的效果（通过使缸内温度上升来抑制主喷射中的点火延迟的效果）。另外，燃料消耗量增大，导致了恶化的发动机燃料效率。此外，由于引燃喷射中的点火延迟，存在燃烧噪声会增大并且在活塞到达压缩上止点之前会产生扭矩（反向扭矩）的可能性。换句话说，利用常规引燃喷射，为了充分地获得引燃喷射的效果，存在对利用引燃喷射而喷射出的总引燃喷射量的

限制。因此，现状是这样的：即使在引燃喷射中需要大的预热量的情况下，特别是诸如发动机冷时，尽管执行了引燃喷射，因为总引燃喷射量受到了限制，所以气缸内部也无法被充分地预热，导致了主喷射中的点火延迟。

[0019] 为了避免在发动机冷时主喷射中的点火延迟，例如，发动机可以被设计为具有高的压缩比，但是在这种情况下，由于摩擦导致效率降低，并且存在如下可能性：在发动机温时燃烧温度会高，从而排放的 NO_x 量增大，因此这不适于实际使用。

[0020] 迄今为止，还没有考虑到如上所述的各个方面的对于用于确定引燃喷射中的喷射形式的技术的任何建议。考虑到上述方面，本发明的发明人通过研究新的用于确定引燃喷射中的喷射形式的确定技术的构造而获得了本发明。

[0021] 对于能够在主喷射之前执行引燃喷射的内燃机，本发明通过利用用于确定喷射形式的技术执行燃料喷射从而解决了上述问题，由此可以实现引燃喷射中的喷射形式的优化。

[0022] 技术方案

[0023] 解决原理

[0024] 对于本发明的解决原理，在执行副喷射时，在所述副喷射中所需的总副喷射量被分割为多次分割副喷射，并且通过将利用各次分割副喷射而喷射出的燃料的贯穿力抑制到低水平，使该燃料局部累积，而不使其附着到壁面上，从而消除了上述问题。

[0025] 解决方法

[0026] 本发明提供了一种压缩自燃式内燃机的燃料喷射控制装置，作为从燃料喷射阀喷射燃料的操作，所述内燃机至少能够执行主喷射和在所述主喷射之前进行的副喷射，所述燃料喷射控制装置包括：总副喷射量计算部，其求出在所述副喷射中所需的总副喷射量；以及副喷射控制部，其通过由多次分割副喷射来分割已经利用所述总副喷射量计算部求出的所述总副喷射量，而从所述燃料喷射阀间歇地喷射所述总副喷射量；其中，每一次所述分割副喷射的燃料喷射量或所述燃料喷射阀的开阀期间被设定为一值，由此从所述燃料喷射阀喷射出的燃料的贯穿力被限定为使得燃料不会到达气缸内壁面的大小。

[0027] 换句话说，每一次分割副喷射的燃料喷射量或所述燃料喷射阀的开阀期间被限定为使得：利用分割副喷射而喷射出的燃料具有大小为使得所述燃料的飞行距离不会到达气缸内壁面的贯穿力。在这种情况下，当燃料压力较高时，无法限制飞行距离，除非每一次分割副喷射的燃料喷射量或燃料喷射阀的开阀期间受限制，但是当燃料压力较低时，如果飞行距离被抑制到在有限的距离内（例如，在形成在活塞的顶面中的腔室（凹部）内），则可以缓和对于每一次分割副喷射的燃料喷射量或燃料喷射阀的开阀期间的限制。

[0028] 利用上述具体构造，利用各次分割副喷射而喷射到气缸中的燃料具有低的贯穿力，因此几乎没有所述燃料会到达气缸内壁面。也就是说，可以抑制燃料的壁附着，因此，可以防止由于燃料而引起的润滑油的稀释或上述膛闪火的发生。而且，可以显著地降低在由于附着到气缸内壁面上的燃料而已产生的排气中产生的 HC 和 CO 的量，因此实现了废气排放的改善。

[0029] 而且，可以使总引燃喷射量的大部分的燃料局部地存在于（漂浮于）气缸内（例

如，在气缸内的中央部分处），并且在所述部分处可以确保空燃比的浓状态。因此，当压缩冲程已经推进时，可以对已经利用副喷射而喷射出的燃料有利地进行点燃，能够有利地获得由于执行副喷射而产生的效果（使缸内温度上升的效果），并且可以适当地获得主喷射中的点火正时。例如，当主喷射中的目标点火正时已经被设定为活塞的压缩上止点（TDC）时，可以使已经利用主喷射而喷射出的燃料的点火正时与所述目标点火正时一致。

[0030] 另外，为了获得低贯穿力，将每一次分割副燃料喷射的燃料喷射量设定为少量，并且在该分割副燃料喷射期间由燃料的吸热反应所吸收的燃料量很少。因此，在副喷射中不会发生点火延迟，可以适当地确保副喷射的效果，即使缸内温度上升。而且，可以避免由副喷射中的点火延迟导致的燃烧噪声的增大，并且可以避免在活塞到达压缩上止点之前产生扭矩（反向扭矩）。

[0031] 由于上述原因，虽然在传统技术中总副喷射量受到了限制，但是利用本发明的解决方法可以消除所述限制，因此能够将具有与内燃机的运转状态相对应的量的总副喷射量供给到气缸中。例如，在需要缸内温度的温度上升量大的情况（需要大的总引燃喷射量的情况）下，例如当内燃机冷时，可以确保与该状况相对应的较大的总引燃喷射量，并且可以通过有效地利用已经由副喷射而喷射出的大部分燃料，对气缸内部进行适当地预加热。

[0032] 作为由副喷射控制部设定的分割副喷射的燃料喷射量，每一次分割副喷射的燃料喷射量可以被设定为燃料喷射阀的最小极限喷射量，

[0033] 而且，作为由副喷射控制部设定的燃料喷射阀的开阀期间，每一次分割副喷射的开阀期间可以被设定为燃料喷射阀的最短开阀期间。

[0034] 根据这些构造，可以将分割副喷射期间燃料的吸热反应的吸热量抑制到最小极限，因此在副喷射中不会发生点火延迟。因此，可以可靠地获得副喷射的效果，即使缸内温度上升。

[0035] 可以采用如下构造：其中，作为利用总副喷射量计算部求出的总副喷射量，具体地当利用副喷射而喷射出的燃料由于所述燃料的燃烧而被用作在内燃机的压缩冲程期间使气缸内的压缩气体温度上升至燃料自燃温度的热源时，随着气缸内的压缩气体温度变得更低于燃料自燃温度，总副喷射量被设定得更大。

[0036] 也就是说，对于需要更大的压缩气体温度的温度上升量的情况，设定更大的总副喷射量，从而可以增加利用燃料燃烧而获得的热能的量。同样在这种情况下，在各次分割燃料喷射中喷射到气缸中的燃料具有低的贯穿力。因此，随着设定更大的总副喷射量时，总副喷射量的分割次数（分割副喷射的喷射次数）增加。

[0037] 以下是用于使利用多次执行的上述分割副喷射而喷射出的燃料均匀地累积在特定区域（例如，气缸内的中央部分）中的构造的一个示例。也就是说，副喷射控制部设定各次分割副喷射的喷射正时，使得在燃料不与利用各次分割副喷射而喷射出的且沿着气缸内的涡流流动的燃料重叠的正时喷射燃料。

[0038] 在这种情况下，分割副喷射的具体喷射正时能够通过将相对前后次分割副喷射之间的喷射间隔（分割副喷射间隔）换算为曲轴转动角度（CA）而获得的值而被指定，并且以下列方式来设定。也就是说，对于利用下列公式（1）计算出的分割副喷射的喷射次

数，

[0039] (分割副喷射的喷射次数) = (在副喷射中所需的总副喷射量) / (燃料喷射阀的最小极限喷射量) (1)

[0040] 每隔利用下列公式 (2) 计算出的各次分割副喷射之间的间隔的曲轴转动角度换算值执行分割副喷射，

[0041] (各次分割副喷射之间的间隔的曲轴转动角度换算值) = $360 / (\text{燃料喷射阀的喷孔数}) / (\text{分割副喷射的喷射次数}) / (\text{涡流比})$ (2)。

[0042] 例如，当根据公式 1 将分割燃料喷射的喷射次数设定为“三次”，燃料喷射阀的喷孔数为“10 个”，并且涡流比（曲轴每一次回转，涡流在气缸内沿周向回转的次数）为“2”时，作为各次分割副喷射之间的间隔的曲轴转动角度换算值，求出为 6 度 CA。也就是说，通过每当曲轴转动角度推进 6 度 CA 时间歇性地执行分割副喷射，已经利用各次分割副喷射而喷射出的燃料（已经从各个喷孔喷射出三次的燃料）不重叠，并且在气缸内的中央部分处被均匀地喷射。

[0043] 因此，利用多次进行的分割副喷射而喷射出的燃料不重叠（不叠加），并且例如，在气缸内的中央部分处被均匀地（以相等角度的间隔）喷射。因此，甚至在避免了氧消耗量局部增大并且存在将产生烟尘的顾虑的状况时，确保了较浓空燃比的区域，并且避免了副喷射的点火延迟。因此，可以可靠地获得副喷射的效果，即，使缸内温度上升。而且，可以避免由副喷射的点火延迟导致的燃烧噪声增大，并且可以避免在活塞到达压缩上止点之前产生扭矩（反向扭矩）。

[0044] 有益效果

[0045] 利用本发明，对于压缩自燃式内燃机，当在主喷射之前执行副喷射时，通过将在所述副喷射中所需的总副喷射量分割为多次分割副喷射，以及将利用各次分割副喷射而喷射出的燃料的贯穿力抑制到低水平，所述燃料被局部地累积而不被允许附着到壁面上。因此，可以利用用于确定副喷射中的喷射形式的新确定技术来执行副喷射，因此可以实现废气排放的改善以及在主喷射期间燃烧的稳定性。

附图说明

[0046] 图 1 为根据一个实施例的发动机以及该发动机的控制系统的示意性构造图。

[0047] 图 2 为示出了柴油发动机的燃烧室和该燃烧室附近的部件的截面图。

[0048] 图 3 为示出了 ECU 等的控制系统的构造的方框图。

[0049] 图 4(a) 至图 4(c) 示出了在引燃喷射被分割为三次的情况下用于引燃喷射、预喷射和主喷射中的每一种喷射的喷射形式、发热比以及燃料喷射压力。

[0050] 图 5 为示出了在执行分割引燃喷射时柴油发动机的燃烧室以及该燃烧室附近的部件的截面图。

[0051] 图 6(a) 至图 6(c) 示出了在进行第一分割引燃喷射、第二分割引燃喷射以及第三分割引燃喷射中的每一个的情况下气缸中的喷雾状态的平面图，图 6(a) 示出了执行第一分割引燃喷射时气缸中的喷雾状态，图 6(b) 示出了执行第二分割引燃喷射时气缸中的喷雾状态，而图 6(c) 示出了执行第三分割引燃喷射时气缸中的喷雾状态。

[0052] 附图标记

- [0053] 1 发动机（内燃机）
[0054] 12 缸腔
[0055] 23 喷射器（燃料喷射阀）

具体实施方式

[0056] 下面基于附图对本发明的一个实施例进行描述。在本实施例中，将对本发明被应用于安装在汽车中的共轨式缸内直接喷射型多气缸（例如，直列四气缸）柴油发动机（压缩自燃式内燃机）的情况进行描述。

[0057] - 发动机构造 -

[0058] 首先，将对根据本实施例的柴油发动机（下文中被简称为发动机）的整体构造进行描述。图 1 为根据本实施例的发动机 1 以及发动机 1 的控制系统的示意性构造图。图 2 为示出了柴油发动机的燃烧室 3 和燃烧室 3 附近的部件的截面图。

[0059] 如图 1 所示，根据本实施例的发动机 1 为利用燃料供给系统 2、燃烧室 3、进气系统 6、排气系统 7 等作为其主要部分而构造成的柴油发动机系统。

[0060] 燃料供给系统 2 设置有供给泵 21、共轨 22、喷射器（燃料喷射阀）23、截流阀 24、燃料添加阀 26、发动机燃料通路 27、添加燃料通路 28 等。

[0061] 供给泵 21 从燃料罐中吸取燃料，并且在使吸取出的燃料处于高压下之后，经由发动机燃料通路 27 将所述燃料供给到共轨 22。共轨 22 具有作为将从供给泵 21 供给的高压燃料保持（储压）在预定压力下的储压室的功能，并且该经储压的燃料被分配给各个喷射器 23。喷射器 23 通过内部设置有压电元件（piezo element）的压电喷射器构造而成，并且通过适当地打开阀将燃料喷射到燃烧室中来供给燃料。喷射器 23 的燃料喷射控制的细节将在稍后进行描述。

[0062] 而且，供给泵 21 经由添加燃料通路 28 将从燃料罐吸取的一部分燃料供给到燃料添加阀 26。在添加燃料通路 28 中，设置上述截流阀 24，以便通过在紧急时截断添加燃料通路 28 来停止燃料添加。

[0063] 燃料添加阀 26 通过电字控制式开 / 关阀构造而成，该电字控制式开 / 关阀利用稍后进行描述的 ECU 100 的添加控制操作来控制其开阀正时，使得添加到排气系统 7 的燃料量变为目标添加量（使得排气 A/F 变为目标 A/F 的添加量），或者使得燃料添加正时变为预定正时。也就是说，来自燃料添加阀 26 的期望燃料量在适当的正时通过喷射被供给到排气系统 7（从排气口 71 被供给到排气歧管 72）。

[0064] 进气系统 6 设置有进气歧管 63，进气歧管 63 连接到形成在气缸盖 15 中的进气口 15a 上（参见图 2），并且包括进气通路的进气管 64 连接到进气歧管 63 上。而且，在所述进气通路中，从上游侧按顺序布置有空气滤清器 65、空气流量计 43 和节流阀 62。空气流量计 43 根据经由空气滤清器 65 流入进气通路中的空气量来输出电信号。

[0065] 排气系统 7 设置有排气歧管 72，进气歧管 72 连接到形成在气缸盖 15 中的排气口 71 上（参见图 2），并且包括排气通路的排气管 73 和 74 连接到排气歧管 72 上。而且，在所述排气通路中，布置有歧管式催化转化器（排气净化装置）77，歧管式催化转化器（maniverter）77 设置有稍后进行描述的 NO_x 存储催化剤（NSR 催化剤：NO_x 存储还原催化剤）75 以及 DPNR 催化剤（柴油机微粒 -NO_x 还原催化剤）76。下面对 NSR 催化剤

75 和 DPNR 催化剂 76 进行描述。

[0066] NSR 催化剂 75 是存储还原型 NO_x 催化剂，并且是利用氧化铝 (Al₂O₃) 作为载体构造而成的，例如，在该载体上承载有诸如钾 (K)、钠 (Na)、锂 (Li) 或铯 (Cs) 的碱金属，诸如钡 (Ba) 或钙 (Ca) 的碱土金属元素，诸如镧 (La) 或钇 (Y) 的稀土元素，以及诸如铂 (Pt) 的贵金属。

[0067] NSR 催化剂 75 在排气中存在大量氧的状态下存储 NO_x，并且在排气中的氧浓度低且存在大量的还原成分（例如，燃料的未燃成分 (HC)）的状态下将 NO_x 还原为 NO₂ 或 NO 并且释放得到的 NO₂ 或 NO。已经作为 NO₂ 或 NO 被释放的 NO_x 由于与排气中的 HC 或 CO 的快速反应而被进一步还原并且变为 N₂。而且，通过还原 NO₂ 或 NO，HC 和 CO 本身被氧化从而变为 H₂O 和 CO₂。换句话说，通过适当地调节引入 NSR 催化剂 75 的排气中的氧浓度或 HC 成分，可以净化排气中的 HC、CO 和 NO_x。在本实施例的构造中，可以利用从上述燃料添加阀 26 添加燃料的操作来进行对排气中的氧浓度或 HC 成分的调节。

[0068] 另一方面，在 DPNR 催化剂 76 中，NO_x 存储还原催化剂被承载在多孔陶瓷结构上，例如，排气中的 PM 在穿过多孔壁时被捕获。当排气中的空燃比稀时，排气中的 NO_x 被存储在 NO_x 存储还原催化剂中，而当空燃比浓时，所存储的 NO_x 被还原和释放。此外，使捕获到的 PM 氧化 / 燃烧的催化剂（例如，其主要成分是诸如铂的贵金属的氧化催化剂）被承载在 DPNR 催化剂 76 上。

[0069] 此处，将结合图 2 对柴油发动机的燃烧室 3 以及燃烧室 3 附近的部件进行描述。如图 2 所示，在构成发动机的主体的一部分的气缸体 11 中，在每个气缸（四个气缸中的每一个）中形成有筒形缸膛 12，并且活塞 13 被容纳在每个缸膛 12 中，使得活塞 13 能够沿垂直方向滑动。

[0070] 上述燃烧室 3 形成在活塞 13 的顶面 13a 的顶侧。更具体地，燃烧室 3 由通过密封垫 14 安装在气缸体 11 的顶部处的气缸盖 15 的底面、缸膛 12 的内壁面以及活塞 13 的顶面 13a 区划而成。腔室 13b 凹入地设置在活塞 13 的顶面 13a 的大约中央处，并且该腔室 13b 还构成了燃烧室 3 的一部分。

[0071] 连杆 18 的小端部 18a 通过活塞销 13c 联结到活塞 13 上，并且连杆 18 的大端部联结到作为发动机输出轴的曲轴上。因此，活塞 13 在缸膛 12 内的往复运动经由连杆 18 被传递至曲轴，并且由于该曲轴的转动，获得了发动机输出。而且，电热塞 19 面向燃烧室 3 布置。电热塞 19 紧接在发动机 1 起动之前由于电流的流动而发热，并且用作起动辅助装置，由此由于被吹到电热塞上的一部分燃料喷雾而促进了点火和燃烧。

[0072] 在气缸盖 15 中，分别形成有将空气引入燃烧室 3 中的进气口 15a 和将排气从燃烧室 3 中排出的排气口 71，并且布置有开 / 闭进气口 15a 的进气阀 16 和开 / 闭排气口 71 的排气阀 17。进气阀 16 和排气阀 17 面向彼此布置二者可以在气缸中心线 P 的任一侧。也就是说，所述发动机被构造为横流式发动机。而且，将燃料直接喷射到燃烧室 3 中的喷射器 23 被安装在气缸盖 15 中。喷射器 23 沿气缸中心线 P 以直立定向布置在燃烧室 3 上方的大约中央处，并且在预定正时朝向燃烧室 3 喷射从共轨 22 引入的燃料。

[0073] 此外，如图 1 所示，涡轮增压器 5 设置在发动机 1 中，该涡轮增压器 5 设置有经由涡轮轴 5A 联结的涡轮 5B 和压缩机轮 5C。压缩机轮 5C 面向进气管 64 的内部布置，

并且涡轮 5B 面向排气管 73 的内部布置。因此,涡轮增压器 5 利用由涡轮 5B 接收到的排气流(排气压力)来使压缩机轮 5C 转动,从而进行增大进气压力的所谓的涡轮增压操作。在本实施例中,涡轮增压器 5 是可变喷嘴式涡轮增压器,其中,可变喷嘴叶片机构(未示出)设置在涡轮 5B 侧,并且通过调节该可变喷嘴叶片的开度,可以调节发动机 1 的涡轮增压。

[0074] 用于对由于涡轮增压器 5 的增压而被加热的进气进行强制冷却的内部冷却器 61 设置在进气系统 6 的进气管 64 中。设置在内部冷却器 61 的下游侧处的节流阀 62 为开度能够无级调节的电控制开/闭阀,并且具有在预定条件下限制进气的流道面积的功能,从而调节(减少)进气的供给量。

[0075] 而且,设置有连接进气系统 6 和排气系统 7 的排气再循环通路(EGR 通路)8。EGR 通路 8 通过使一部分排气适当地再循环至进气系统 6 并且将所述排气再供给到燃烧室 3 来降低燃烧温度,从而减少所产生的 NO_x 的量。而且,设置在 EGR 通路 8 中的有 EGR 阀 81 以及 EGR 冷却器 82, EGR 阀 81 通过在电控制下被连续地开/闭能够自由地调节流经 EGR 通路 8 的排气流的量, EGR 冷却器 82 用于冷却流经(再循环经过)EGR 通路 8 的排气。

[0076] - 传感器 -

[0077] 各种传感器被安装在发动机 1 的相应部件中,并且这些传感器输出与相应部件的环境条件和发动机 1 的运转状态有关的信号。

[0078] 例如,上述空气流量计 43 根据在进气系统 6 内的节流阀 62 的上游侧处的进气流量(进气量)来输出检测信号。进气温度传感器 49 布置在进气歧管 63 中,并且根据进气的温度来输出检测信号。进气压力传感器 48 布置在进气歧管 63 中,并且根据进气压力来输出检测信号。A/F(空燃比)传感器 44 输出根据排气系统 7 的歧管式催化转化器 77 的下游侧处的排气中的氧浓度而连续变化的检测信号。排气温度传感器 45 同样地根据排气系统 7 的歧管式催化转化器 77 的下游侧处的排气的温度来输出检测信号。轨压传感器 41 根据在共轨 22 中累积的燃料的压力来输出检测信号。节流阀开度传感器 42 检测节流阀 62 的开度。

[0079] -ECU-

[0080] 如图 3 所示, ECU 100 设置有 CPU 101、ROM 102、RAM 103、后备 RAM 104 等。在 ROM 102 中,存储有各种控制程序、在执行这些各种控制程序时参照的设定表等。CPU 101 基于存储在 ROM 102 中的各种控制程序和设定表来执行各种计算处理。RAM 103 为暂时存储利用 CPU 101 的计算所得到的数据或已经从相应传感器输入的数据的存储器,并且,后备 RAM 104 例如为存储在发动机 1 停止时待保存的数据等的非易失性存储器。

[0081] CPU 101、ROM 102、RAM 103 和后备 RAM 104 经由总线 107 彼此连接,并且经由总线 107 连接到输入接口 105 和输出接口 106 上。

[0082] 轨压传感器 41、节流阀开度传感器 42、空气流量计 43、A/F 传感器 44、排气温度传感器 45、进气压力传感器 48 和进气温度传感器 49 连接到输入接口 105 上。此外,水温传感器 46、加速器开度传感器 47、曲轴位置传感器 40 等连接到输入接口 105 上。水温传感器 46 根据发动机 1 的冷却水温度来输出检测信号,加速器开度传感器 47 根据加速

踏板被下压的量来输出检测信号，而曲轴位置传感器 40 在每当发动机 1 的输出轴（曲轴）转动一固定角度时输出检测信号（脉冲）。另一方面，上述喷射器 23、燃料添加阀 26、节流阀 62、EGR 阀 81 等连接到输出接口 106 上。

[0083] ECU 100 基于上述各个传感器的输出来执行对发动机 1 的各种控制。此外，ECU 100 执行下述引燃喷射控制，作为对喷射器 23 的喷射的控制。

[0084] 根据共轨 22 的内压来确定上述喷射器 23 执行燃料喷射时的燃料喷射压力。作为共轨内压，通常，从共轨 22 供给到喷射器 23 的燃料压力的目标值即目标轨压被设定为随着发动机负荷增大以及发动机转数增加而增大。也就是说，当发动机负荷高时，大量的空气被吸入燃烧室 3 中，因此燃烧室 3 中的压力高并且喷射器 23 必须喷射大量燃料，并且因此需要为喷射器 23 设定高的喷射压力。而且，当发动机转数高时，喷射时间短，因此每单位时间需要喷射大量的燃料，并且因此需要为喷射器 23 设定高的喷射压力。这样，通常基于发动机负荷和发动机转数来设定目标轨压。

[0085] 下述用于主喷射中的燃料喷射的燃料喷射参数的最优值根据发动机、进气等的温度条件而不同。

[0086] 例如，ECU 100 调节由供给泵 21 排出的燃料量，使得共轨压力变得与基于发动机运转状态设定的目标轨压相同，即，使得燃料喷射压力与目标喷射压力一致。而且，ECU 100 基于发动机运转状态来确定燃料喷射量和燃料喷射形式。具体地，ECU 100 基于由曲轴位置传感器 40 检测出的值来计算发动机转速，基于由加速器开度传感器 47 检测出的值来获得加速踏板下压量（加速器开度），并且基于发动机转速和加速器开度来确定燃料喷射量。

[0087] 此外，ECU 100 基于发动机转速和燃料喷射量，将燃料喷射形式设定为其中引燃喷射、预喷射、主喷射、后喷射（after injection）以及次后喷射（postinjection）被适当地结合的各种喷射模式。下面对本实施例中的引燃喷射、预喷射、主喷射、后喷射以及次后喷射的操作进行描述。

[0088] 引燃喷射（副喷射）为在主喷射之前从喷射器 23 预喷射少量燃料的喷射操作。更具体地，在执行所述引燃喷射之后，暂时地中断燃料喷射，使压缩气体的温度（气缸中的温度）在开始主喷射之前充分地增大至达到燃料自燃温度，从而良好地确保了通过主喷射而喷射出的燃料的点燃。也就是说，本实施例中的引燃喷射的功能被专门用于对气缸的内部进行预加热。

[0089] 在本实施例中，总引燃喷射量为在所述引燃喷射中所需的燃料喷射量，利用多次引燃喷射（下文中被称为分割引燃喷射）来分割总引燃喷射量，从而从喷射器 23 间歇地喷射。下面对设定所述总引燃喷射量以及各次分割引燃喷射的燃料喷射量和喷射正时的具体技术进行描述。

[0090] （预喷射）

[0091] 预喷射为用于抑制主喷射的初始燃烧速度从而引起稳定的扩散燃烧的喷射操作（扭矩产生用燃料供给操作）。具体地，在本实施例中，设定预喷射量，其为用于获得根据诸如发动机转数、加速器操作量、冷却液温度以及进气温度的运转状态而确定出的所需扭矩的总喷射量（预喷射中的喷射量与主喷射中的喷射量的和）的 10%。

[0092] 在这种情况下，当上述总喷射量小于 15mm^3 时，预喷射中的喷射量小于喷射器

23 的最小极限喷射量 (1.5mm^3)，因此不执行预喷射。在这种情况下，可以进行喷射器 23 的仅为最小极限喷射量 (1.5mm^3) 的预喷射。另一方面，当要求预喷射中的总喷射量为喷射器 23 的最小极限喷射量的至少两倍（例如，至少 3mm^3 ）时，通过执行多次预喷射来确保所述预喷射中所需的总喷射量。因此，抑制了预喷射的点火延迟，可靠地执行了对主喷射的初始燃烧速度的抑制，因此可以引起稳定的扩散燃烧。

[0093] 根据下列公式 (3) 来设定用于所述预喷射的点火开始角度。而且应当注意到的是，下文中涉及的角度是指被换算为曲轴的转动角度的值。

[0094] 预喷射开始角度 = 预燃烧结束角度 + 预喷射期间作用角度 + (预喷射中的燃烧所需时间的曲轴角度换算值 + 点火延迟时间的曲轴角度换算值 - 重叠时间的曲轴角度换算值)
..... (3)

[0095] 此处，点火延迟时间为从执行预喷射的时刻到点燃所述燃料的时刻的延迟时间。重叠时间为：当多次进行预喷射时，前次执行的预喷射所喷射出的燃料的燃烧时间与下次执行的预喷射所喷射出的燃料的燃烧时间的重叠时间（同时进行两次燃烧的时间），以及从最终的预喷射所喷射出的燃料的燃烧时间与随后执行的主喷射所喷射出的燃料的燃烧时间的重叠时间，而且为最终的引燃喷射所喷射出的燃料的燃烧时间与预喷射所喷射出的燃料的燃烧时间的重叠时间。

[0096] （主喷射）

[0097] 主喷射为用于产生发动机 1 的扭矩的喷射操作（扭矩产生用燃料供给操作）。具体地，在本实施例中，设定喷射量，其是通过从上述总喷射量中减去上述预喷射中的喷射量而获得的，上述总喷射量用于获得根据诸如发动机转数、加速器操作量、冷却液温度以及进气温度的运转状态而确定出的所需扭矩。

[0098] 而且，根据下列公式 (4) 来设定用于所述主喷射的喷射开始角度。

[0099] 主喷射开始角度 = 主喷射正时 + 主喷射期间作用角度 + (主喷射中的燃烧所需时间的曲轴角度换算值 + 点火延迟时间的曲轴角度换算值 - 重叠时间的曲轴角度换算值)
..... (4)

[0100] 此处，点火延迟时间为从执行主喷射的时刻到点燃所述燃料的时刻的延迟时间。重叠时间为：上述预喷射所喷射出的燃料的燃烧时间与主喷射所喷射出的燃料的燃烧时间的重叠时间，以及主喷射所喷射出的燃料的燃烧时间与后喷射所喷射出的燃料的燃烧时间的重叠时间。

[0101] （后喷射）

[0102] 后喷射为用于使排气温度上升的喷射操作。具体地，在本实施例中，通过后喷射供给的燃料的燃烧能量不被变换为发动机扭矩，而是在使得大部分的所述燃烧能量被作为排气热能而获得的正时执行后喷射。而且，同样在所述后喷射中，与在上述引燃喷射的情况下相同，设定最小喷射率（例如，每次 1.5mm^3 的喷射量），并且通过多次执行后喷射，确保在所述后喷射中所需的总后喷射量。

[0103] （次后喷射）

[0104] 次后喷射为用于通过将燃料直接地引入排气系统 7 中来实现上述歧管式催化转化器 77 的升温的喷射操作。例如，当由 DPNR 催化剂 76 捕获到的 PM 的沉积量已经超过预定量时（例如，通过检测歧管式催化转化器 77 的前 / 后压差而得知），执行次后喷

射。

[0105] - 引燃喷射控制操作 -

[0106] 接下来对用于执行上述引燃喷射的控制操作进行具体描述，该控制操作是作为本实施例的特征的操作。

[0107] (喷射率)

[0108] 在本实施例中，为了实现适当的喷雾分配以及局部浓度，将喷射率设定为最小喷射率（例如，每次 1.5mm^3 的喷射量），并且通过多次执行分割引燃喷射，确保了在所述引燃喷射中所需的总引燃喷射量。

[0109] 例如，当总引燃喷射量为 3mm^3 时，进行两次作为喷射器 23 的最小极限喷射量的 1.5mm^3 的分割引燃喷射。当总引燃喷射量为 4.5mm^3 时，进行三次作为喷射器 23 的最小极限喷射量的 1.5mm^3 的分割引燃喷射。此外，当总引燃喷射量为 5mm^3 时，进行两次作为喷射器 23 的最小极限喷射量的 1.5mm^3 的分割引燃喷射，然后进行一次 2.0mm^3 的喷射。当总引燃喷射量为 2mm^3 时，进行两次作为喷射器 23 的最小极限喷射量的 1.5mm^3 的分割引燃喷射，从而确保引燃喷射量至少为所需喷射量。

[0110] 图 4(a) 至图 4(c) 示出了在执行三次分割引燃喷射的情况（例如，总引燃喷射量为 4.5mm^3 的情况）下用于引燃喷射、预喷射和主喷射中的每一种喷射的喷射形式，以及相应的发热率。如图 4(a) 至图 4(c) 所示，在构成引燃喷射的各次分割引燃喷射中，设置在喷射器 23 中的针阀的提升量受到限制，因此以上述最小喷射率来进行喷射。而且，紧接在完成三次分割引燃喷射之后，伴随着燃料点火气缸内的压力上升，并且获得了用于在气缸内进行预加热的最佳发热率。

[0111] 这样，通过以最小极限喷射量多次执行分割引燃喷射，确保了总引燃喷射量。由于执行这种分割引燃喷射，设定每次所述分割引燃喷射的燃料喷射量，使得燃料贯穿力很低，因此已经利用所述分割引燃喷射而喷射出的燃料的飞行距离也被抑制到短距离，并且几乎不存在到达气缸内壁面的燃料。图 5 为示出了在执行分割引燃喷射时发动机 1 的燃烧室 3 以及燃烧室 3 附近的部件的截面图。如图 5 所示，利用分割引燃喷射而喷射出的燃料的贯穿力很低，因此所述燃料的飞行距离也被抑制到短距离，因此大部分的所述燃料累积在面向腔室 13b 的区域中，腔室 13b 形成在活塞顶面 13a 的大约中央部分处，并且在活塞 13 已经到达压缩上止点时，大部分的所述燃料流入腔室 13b 中并且累积在腔室 13b 内。

[0112] (总引燃喷射量)

[0113] 而且，基于气缸内的压缩气体温度以及燃料自燃温度来计算上述总引燃喷射量。也就是说，随着气缸内的压缩气体温度变得更低于燃料自燃温度，设定更大的总引燃喷射量（通过总副喷射量计算部来计算总副喷射量的操作）。下面对所述总引燃喷射量计算操作的一个示例进行描述。

[0114] 在所述总引燃喷射量计算操作中，首先，获得燃料点火之前的目标点火温度 (Treq)。所述目标点火温度对应于在发动机 1 中使用的燃料自燃温度。所述燃料自燃温度根据燃烧室 3 内的压力而变化。也就是说，燃料自燃温度随着燃烧室 3 内的压力增大而降低。因此，例如，将用于根据燃烧室 3 内的压力来获得目标点火温度的目标点火温度设定表存储在上述 ROM 102 中，并且通过参照所述目标点火温度设定表来获得目标点

火温度 (Treq)。

[0115] 而且, 获得目标点火正时 (Aign)。其是作为在已经进行主喷射时伴随主喷射的燃料点火开始正时的活塞位置而获得的。例如, 其被设定为压缩上止点 (曲轴角度 CA = 0 度) 等。所述目标点火正时 (Aign) 不局限于设定为活塞 13 的压缩上止点, 例如可以根据废气排放而被延迟适当的量。也就是说, 在发动机 1 的扭矩受重视的运转的情况下, 将目标点火正时设定为靠近压缩上止点, 而在 NOx 排出量的抑制受重视的运转的情况下, 将目标点火正时设定为在压缩上止点之后。

[0116] 然后, 估算在上述获得的目标点火正时的压缩气体温度 (Treal)。当假定未执行引燃喷射时, 即当假定没有由引燃喷射引起的气体温度的上升时, 该压缩气体温度为在压缩冲程期间仅由于气缸中气体的压缩而上升的压缩气体温度。如上所述, 当获得的目标点火正时 (Aign) 为活塞 13 的压缩上止点时, 获得了作为在压缩室容积最小时的时点的压缩气体温度。

[0117] 具体地, 作为所述压缩气体温度估算操作, 根据由上述进气压力传感器 48 检测出的进气压力以及由进气温度传感器 49 检测出的进气温度来估算在目标点火正时的压缩气体温度 (Treal)。通过根据预定计算公式的计算或者通过参照已经预先存储在 ROM 102 中的设定表来进行所述估算。

[0118] 在目标点火正时的目标点火温度 (Treq) 和压缩气体温度 (Treal) 已经被如上所述获得之后, 将目标点火温度与压缩气体温度进行比较, 进行压缩气体温度是否低于目标点火温度 (Treq > Treal) 的判定。当压缩气体温度低于目标点火温度时, 在主喷射之前执行引燃喷射。另一方面, 当压缩气体温度至少为和目标点火温度一样高时, 在主喷射之前不执行引燃喷射。

[0119] 在执行引燃喷射的情况下, 通过下列公式 (5) 来求出所需温度差 (dT)。

$$dT = Treq - Treal \quad \dots\dots\dots (5)$$

[0121] 然后, 计算缸内气体量 (Gcyl)、缸内气体的比热 (Cg) 以及每单位体积燃料所产生的热量 (Efuel), 并且通过下列公式 (6) 来计算总引燃喷射量 (Qp)。

$$Qp = Gcyl \cdot dT \cdot Cg / Efuel \quad \dots\dots\dots (6)$$

[0123] (引燃喷射开始正时)

[0124] 在通过上述操作确定出总引燃喷射量之后, 设定引燃喷射的喷射开始正时。例如, 根据下列公式 (7) 来设定引燃喷射的喷射开始正时, 例如设定成在活塞 13 的压缩上止点之前 (BTDC) 80 度或之后的曲轴角度。

[0125] 引燃喷射开始角度 = 引燃燃烧结束角度 + 引燃喷射期间作用角度 + (一次分割引燃喷射中的燃烧所需时间的曲轴角度换算值 x 分割引燃喷射的喷射次数 + 点火延迟时间的曲轴角度换算值 - 重叠时间的曲轴角度换算值) $\dots\dots\dots (7)$

[0126] 此处, 引燃燃烧结束角度是为了在开始预喷射之前由引燃喷射完成燃烧而设定的角度。点火延迟时间为从执行引燃喷射的时刻到点燃燃料的时刻的延迟时间。重叠时间为: 前次执行的分割引燃喷射所喷射出的燃料的燃烧时间与下次执行的分割引燃喷射所喷射出的燃料的燃烧时间的重叠时间 (同时进行两种燃烧的时间), 以及最终的分割引燃喷射所喷射出的燃料的燃烧时间与随后执行的预喷射所喷射出的燃料的燃烧时间。

[0127] (喷射间隔)

[0128] 此外,在进行多次分割引燃喷射的情况下,如下所述求出喷射间隔,即各次分割引燃喷射之间的时间间隔。

[0129] 设定喷射间隔,使得已经利用多次引燃喷射而喷射出的喷雾不会彼此重叠(不会叠加)。这将在下文中进行具体描述。

[0130] 在发动机 1 的吸入冲程中,对于流入气缸中的空气流,产生了以上述气缸中心线 P 作为转动中心的涡流,并且甚至在压缩冲程期间也在气缸中连续地产生了所述涡流。

[0131] 因此,已经利用分割引燃喷射而喷射出的燃料由于所述涡流而在气缸中沿周向流动。也就是说,在压缩冲程的时间经过的同时,使得已经利用分割引燃喷射而喷射出的燃料(喷雾束)从面向喷射器 23 的喷孔的位置(紧接喷射后的位置)起,随着涡流沿周向流动。

[0132] 因此,在前次已经执行了分割引燃喷射之后执行下次分割引燃喷射时,已经利用前次执行的分割引燃喷射而喷射出的燃料已经正在气缸内沿周向流动,因此从同一喷孔喷射出的来自两次分割引燃喷射的燃料不存在重叠(来自两次喷射的燃料束未结合在一起)。

[0133] 在这种情况下,已经从沿涡流方向的上游侧的喷孔喷射出的分割引燃喷射的燃料正流向与沿涡流方向的下游侧的喷孔相对的位置,因此,通过调节下次分割引燃喷射的喷射正时,可以防止已经利用各次分割引燃喷射而喷射出的燃料结合在一起,从而允许各喷雾均匀地分散。

[0134] 更具体地,可以想象到这样的情况:在从活塞 13 处于下止点时起到活塞 13 到达上止点的间隔(活塞 13 按曲轴角度移动 180 度的间隔)中,涡流在气缸内沿周向回转一次。也就是说,在这种情况下,涡流比为“2”。而且,可以想象到这样的情况:喷射器 23 的喷孔数为“10 个”,并且进行三次燃料喷射(第一分割引燃喷射、第二分割引燃喷射、第三分割引燃喷射),作为分割引燃喷射。

[0135] 在这种情况下,如果将各次分割引燃喷射之间的间隔设定为在气缸内沿周向 12 度(曲轴角度为 6 度),则可以防止已经利用各次分割引燃喷射而喷射出的燃料重叠。

[0136] 也就是说,通过设定各次分割引燃喷射的间隔使得下列公式(1)和公式(2)成立,可以使各喷雾均匀地分散。

[0137] (分割引燃喷射的喷射次数) = (在引燃喷射中所需的总引燃喷射量)/(喷射器的最小极限喷射量) (1)

[0138] (各次分割引燃喷射之间的间隔的曲轴转动角度换算值) = $360 / (\text{喷射器的喷孔数}) / (\text{分割引燃喷射的喷射次数}) / (\text{涡流比})$ (2)。

[0139] 图 6(a) 至图 6(c) 为示出了在进行第一分割引燃喷射、第二分割引燃喷射以及第三分割引燃喷射的情况下气缸中的喷雾状态的平面图。在图 6(a) 至图 6(c) 中,符号“A”表示已经利用第一分割引燃喷射而喷射出的燃料的喷雾,符号“B”表示已经利用第二分割引燃喷射而喷射出的燃料的喷雾,而符号“C”表示已经利用第三分割引燃喷射而喷射出的燃料的喷雾。

[0140] 而且,图 6(a) 示出了执行第一分割引燃喷射时的喷雾 A 的状态,图 6(b) 示出了执行第二分割引燃喷射时的喷雾 A 和喷雾 B 的状态,而图 6(c) 示出了执行第三分割引燃

喷射时的喷雾 A、喷雾 B 和喷雾 C 的状态。如图 6(b) 和图 6(c) 所示, 已经利用第一分割引燃喷射而喷射出的燃料的喷雾 A 和已经利用第二分割引燃喷射而喷射出的燃料的喷雾 B 随着时间的推移与涡流一起在气缸内沿周向流动。

[0141] 通过这样设定各次分割引燃喷射的间隔使得上述公式 (1) 和公式 (2) 成立, 可以允许各喷雾均匀地累积在腔室 13b 内, 而已经利用前次分割引燃喷射而喷射出的燃料的喷雾不会与利用下次分割引燃喷射而喷射出的燃料的喷雾结合在一起。

[0142] 应当注意到的是, 可以根据喷射器 23 的响应 (开 / 闭操作的速度) 来确定各次分割引燃喷射之间的间隔。例如, 可以将 200 微秒设定为根据喷射器 23 的性能而确定出的最短开 / 闭期间。所述引燃喷射间隔不局限于上述值。

[0143] 在已经以上述方式求出分割引燃喷射的喷射率、总引燃喷射量、引燃喷射的喷射开始正时以及分割引燃喷射的喷射间隔之后, 对喷射器 23 进行燃料喷射控制, 使得根据这些值来执行引燃喷射。也就是说, 如上所述, 通过以最小喷射率 (例如, 每次 1.5mm^3 的喷射量) 来多次执行引燃喷射 (副喷射控制部的间歇性燃料喷射操作), 对喷射器 23 进行控制, 以便确保在所述引燃喷射中所需的总引燃喷射量 (Q_p)。

[0144] 如上所述, 在本实施例中, 利用多次分割引燃喷射来分割在引燃喷射中所需的总引燃喷射量, 并且利用各次分割引燃喷射而喷射出的燃料的贯穿力被抑制到低水平, 从而燃料被允许局部地累积而不被允许附着到壁面上。

[0145] 因此, 即使在为了实现利用主喷射而喷射出的燃料的粒子化而将燃料压力 (共轨内压) 设定为高压的情况下, 对于利用引燃喷射而喷射出的燃料的喷射形式, 也能以与已设定低燃料压力时的情况同样低的贯穿力将燃料供给到气缸中。也就是说, 如图 4(c) 中表示喷射压力的变化的正时图所示, 尽管对于实际燃料喷射压力, 连续地保持为高的值, 但是对于利用引燃喷射而喷射出的燃料的喷射形式, 实现了与已经利用由图 4(c) 中的虚线表示的喷射压力 (假定喷射压力) 进行燃料喷射的情况相同的喷射形式, 因此利用低的贯穿力来进行燃料喷射。

[0146] 因此, 可以抑制利用引燃喷射而喷射出的燃料的壁附着, 因而, 可以防止润滑油被燃料稀释以及上述膛闪火的发生。而且, 可以显著地降低在由于已经附着到气缸的内壁面上的燃料而产生的排气中产生的 HC 和 CO 的量, 因此实现了废气排放的改善。

[0147] 而且, 因为总引燃喷射量的大部分的燃料局部地存在于 (漂浮于) 气缸内 (例如, 在气缸内的中央部分处), 并且在所述部分处可以确保空燃比的浓状态, 当压缩冲程已经推进时, 可以对已经利用引燃喷射而喷射出的燃料有利地进行点燃, 能够有利地获得由于执行引燃喷射而产生的效果 (使缸内温度上升的效果), 并且可以适当地获得主喷射中的点火正时。例如, 当主喷射中的目标点火正时已经被设定为活塞 13 的压缩上止点 (TDC) 时, 可以使已经利用主喷射而喷射出的燃料的点火正时与所述目标点火正时一致。

[0148] 另外, 各次分割引燃喷射中的喷射量是少量以获得低贯穿力, 因此在分割引燃喷射期间燃料的吸热反应的吸热量少, 在引燃喷射中不会发生点火延迟, 因此可以适当地获得引燃喷射的效果, 即, 使缸内温度上升。而且, 由引燃喷射中的点火延迟导致的燃烧噪声不会增大, 并且在活塞 13 到达压缩上止点之前不会产生扭矩 (反向扭矩)。

[0149] 由于上述原因, 在传统技术中受限制的总引燃喷射量根据本实施例不会受限

制，因此能够将具有与发动机 1 的运转状态相对应的量的总引燃喷射量供给到气缸中。例如，在需要大的总引燃喷射量的情况（需要缸内温度的温度上升量大的情况）下，例如当发动机 1 冷时，可以确保较大的总引燃喷射量，而不允许燃料附着到壁上，并且可以通过有效地利用已经利用引燃喷射而喷射出的大部分燃料，对气缸内部进行适当地预加热。因此，在本实施例中，可以实现由引燃喷射所喷射出的燃料的较低贯穿力以及增大的总引燃喷射量二者。

[0150] - 其它实施例 -

[0151] 在上述实施例中，描述了本发明被应用于安装在汽车中的直列四气缸柴油发动机的情况。本发明不局限于用在汽车中，而是还可适用于其它用途中使用的发动机。而且，气缸数量和发动机形式（直列发动机、V 型发动机等）不受特定的限制。

[0152] 此外，在上述实施例中，歧管式催化转化器 77 设置有 NSR 催化剂 75 以及 DPNR 催化剂 76，但是也可以采用设置有 NSR 催化剂 75 以及 DPF（柴油机微粒滤清器）的歧管式催化转化器 77。

[0153] 而且，在上述实施例中，当计算总引燃喷射量时，估算在目标点火正时的压缩气体温度 (Treal)，但是也可以采用如下构造：气缸内压传感器设置在水缸内，并且通过已经利用所述气缸内压传感器检测出的气缸内压以及已经利用上述进气温度传感器 49 检测出的进气温度来求出在目标点火正时的压缩气体温度 (Treal)。

[0154] 此外，可以通过下列公式 (8) 来确定分割引燃喷射的次数。

[0155]
$$N = \{ (Ca \cdot dTs) \cdot Kc \cdot Kv \} / (J \cdot Y) \dots\dots\dots (8)$$

[0156] (N：分割引燃喷射的喷射次数，Ca：引入气缸中的空气的热容量，dTs：还未达到自燃温度的温度部分，Kc：EGR 率的热容量校正系数，Kv：受到燃烧作用的对象空间，J：1.5mm³ 所产生的理论热量，Y：热效率)

[0157] 此处，还未达到自燃温度的温度部分 dTs 为燃料自燃温度与在主喷射期间燃料的目标点火正时（例如，活塞 13 已经到达压缩上止点的正时）的压缩气体温度之间的差，并且对应于允许目标点火正时的压缩气体温度达到燃料自燃温度所需的热量。应当注意到的是，在上述公式 (8) 中，每一次分割引燃喷射量被设定为固定值（例如，1.5mm³），并且通过设定喷射次数，确保所需的总引燃喷射量。分割引燃喷射量的所述固定值不局限于上述值。

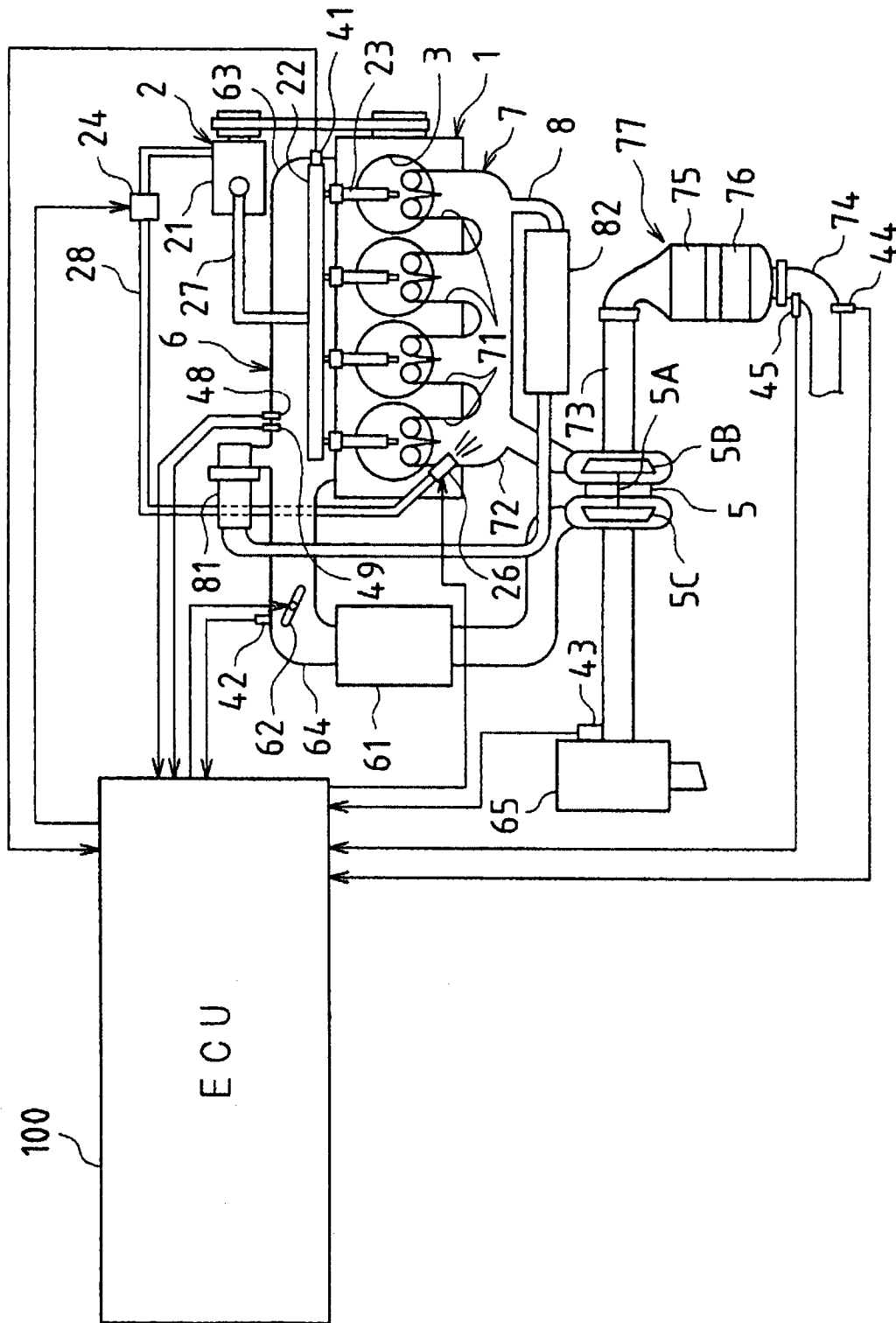
[0158] 而且，在上述实施例中，通过将每一次分割引燃喷射的喷射形式设定为喷射器 23 的最小极限喷射量 (1.5mm³) 来实现不允许燃料的壁附着低贯穿力。本发明不局限于此；还可以采用如下构造：其中，通过将每一次分割引燃喷射的喷射形式设定为喷射器 23 的最短开阀期间（例如，200 微秒）来实现不允许燃料的壁附着低贯穿力。

[0159] 而且，因为上述喷射器 23 的最小极限喷射量由于燃料压力的影响而变动，所以还可以采用如下构造：其中，通过根据发动机 1 的运转状态而选择用最小极限喷射量规定喷射形式和用最短开阀期间规定喷射形式中的一种，来实现不允许燃料的壁附着低贯穿力。例如，当每一次分割引燃喷射的喷射形式已经被设定为喷射器 23 的最短开阀期间时，在燃料压力（共轨内压）较低的状况下，存在如下可能性：无法将最小极限喷射量 (1.5mm³) 确保为上述分割引燃喷射量，因此对气缸的内部预加热的效果将不能被充分地呈现，因此，在这种状况下，每一次分割引燃喷射的喷射形式被切换为喷射器 23 的最小

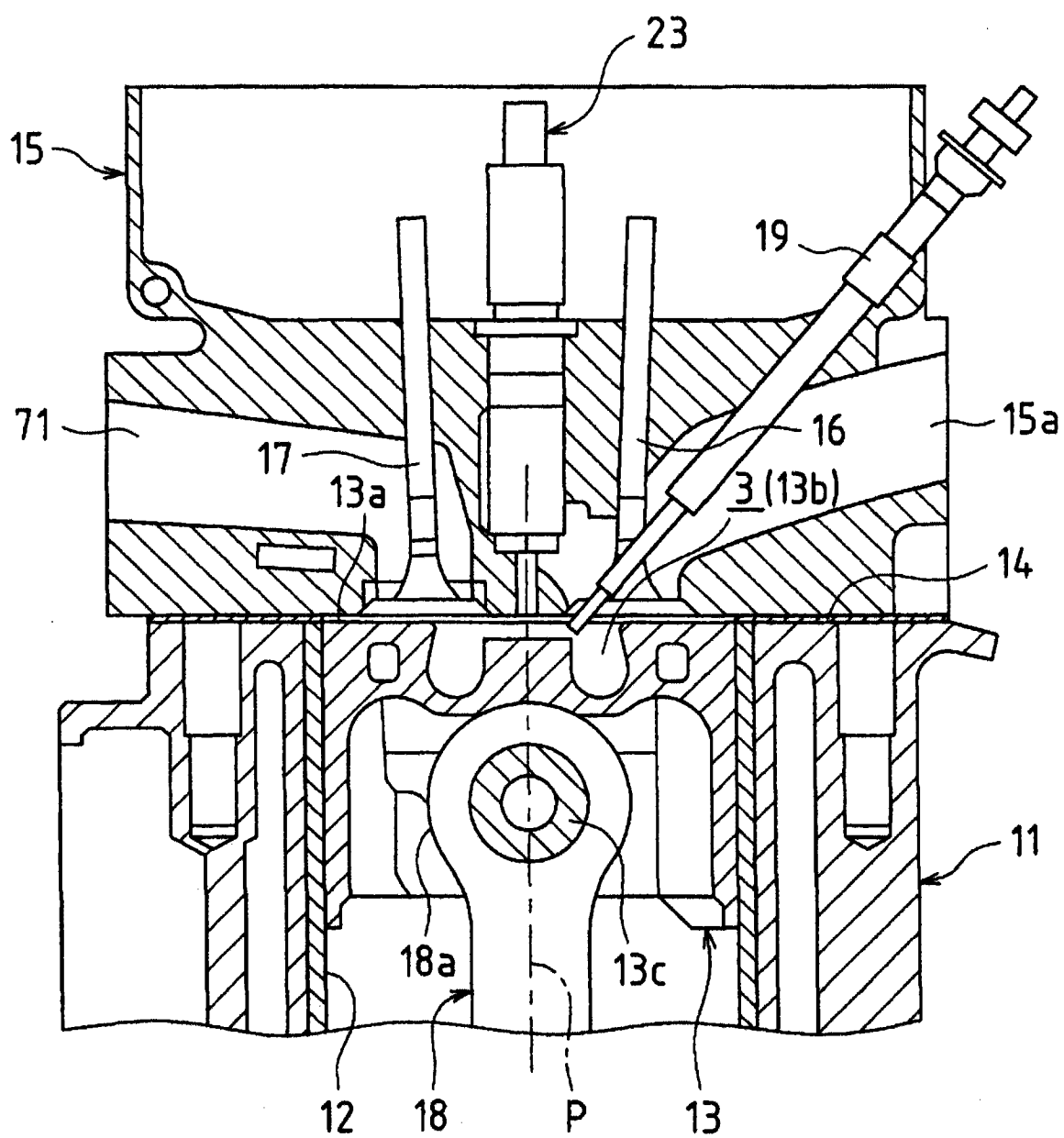
极限喷射量的规定，从而能够获得对气缸的内部预加热的效果。相反地，当每一次分割引燃喷射的喷射形式已经被设定为喷射器 23 的最小极限喷射量时，在燃料压力（共轨内压）较高的状况下，存在如下可能性：无法实现用于获得上述最小极限喷射量的喷射器 23 的开阀期间，因此在这种状况下，每一次分割引燃喷射的喷射形式被切换为喷射器 23 的最短开阀期间的规定。

[0160] 本发明可以在不背离其精神或本质特性的情况下以各种其它形式来体现。本申请中所公开的实施例将被完全视为示例性的而非限制性的。本发明的范围通过随附的权利要求而不是通过上述说明书来指示，并且在权利要求的等同意图和范围内的所有改进或变化均旨在被涵盖在其中。

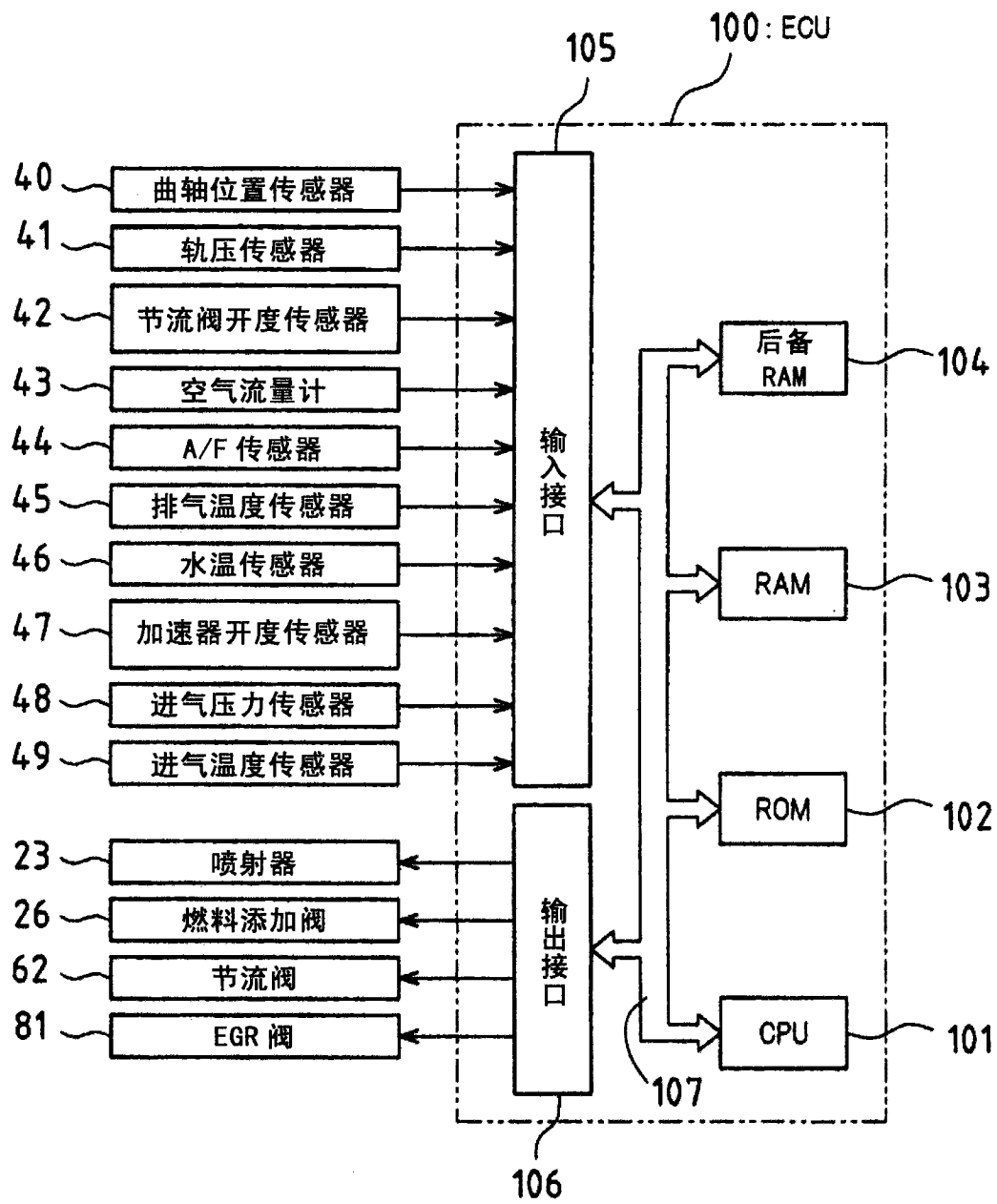
[0161] 本申请要求于 2008 年 1 月 11 日在日本提交的第 2008-004198 号日本专利申请的优先权，其全部内容通过参考合并于此。此外，本说明书中所引用参考文献的全部内容在此通过参考具体地合并于此。



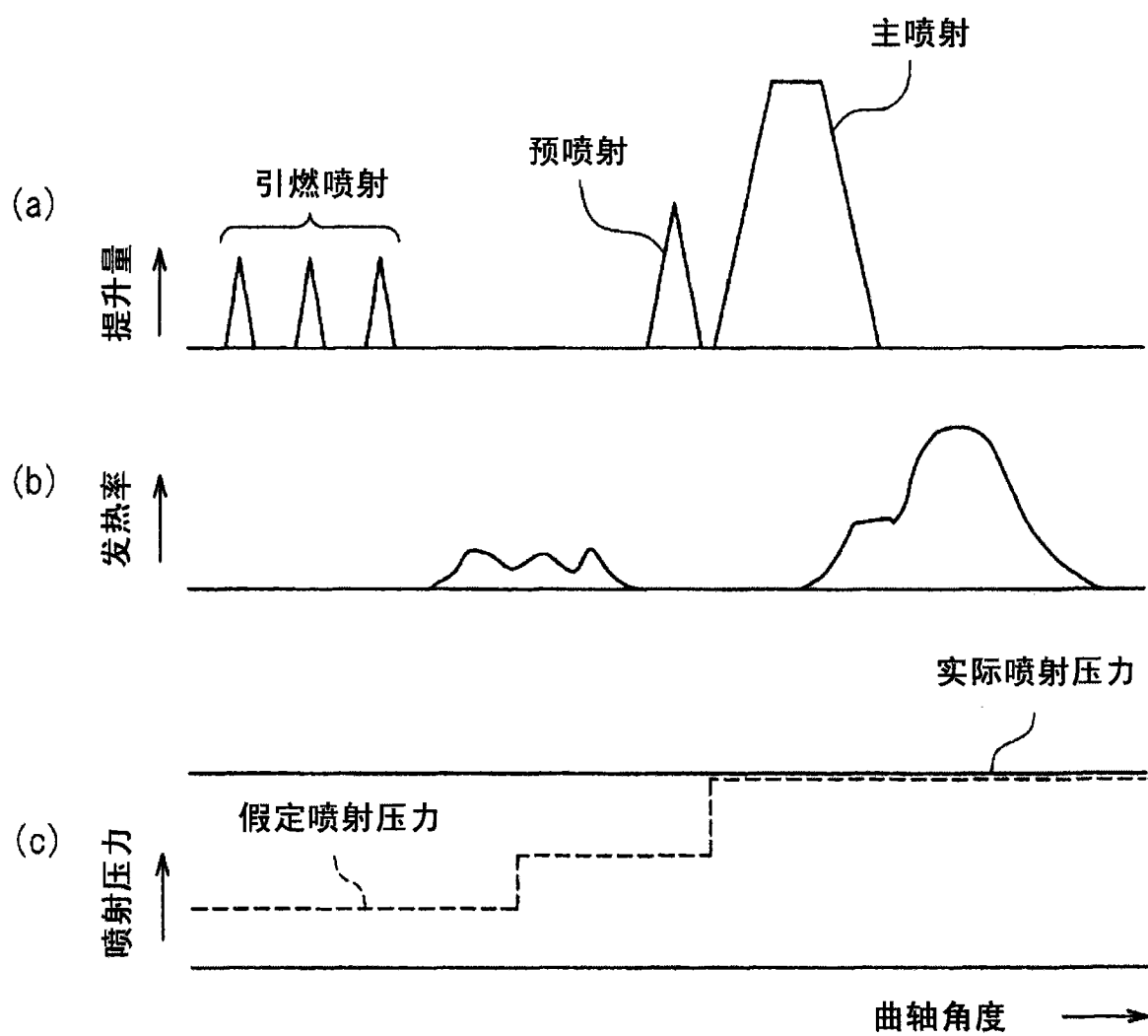
[Fig.1]



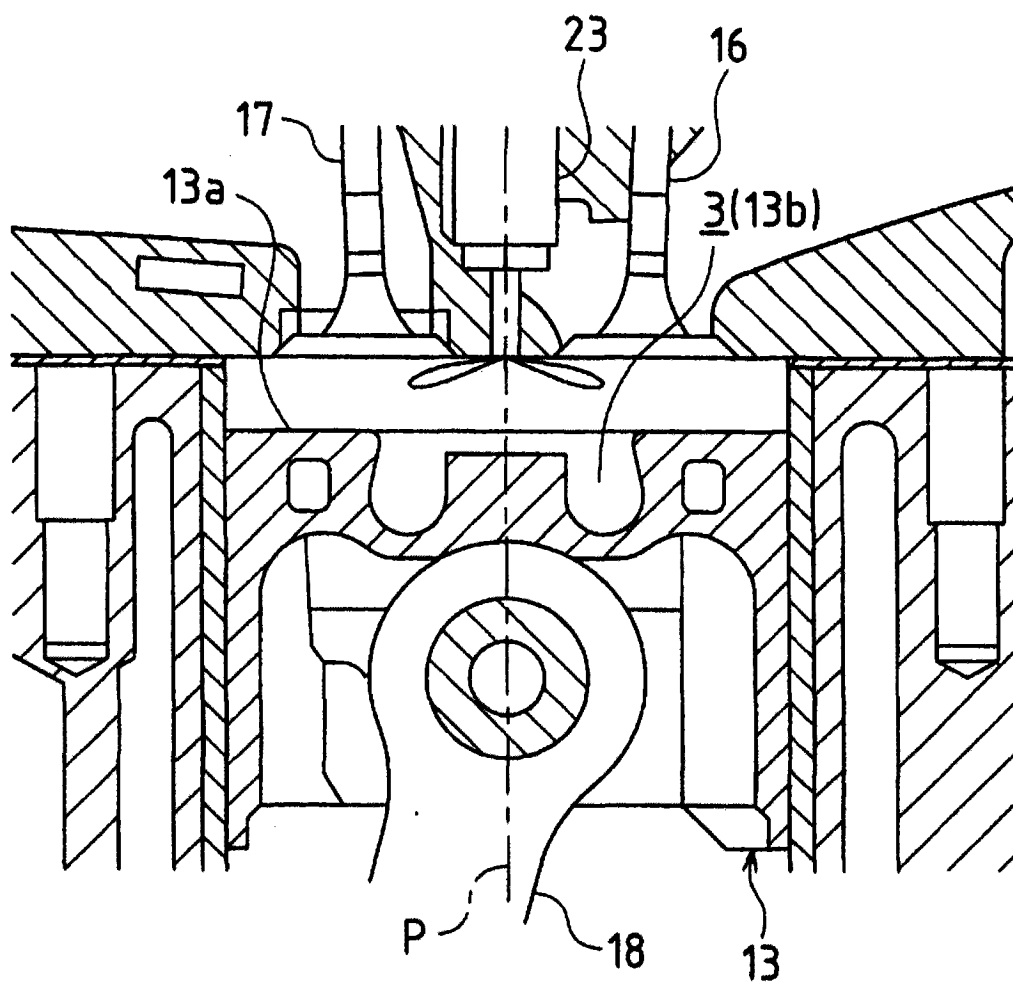
[Fig.2]



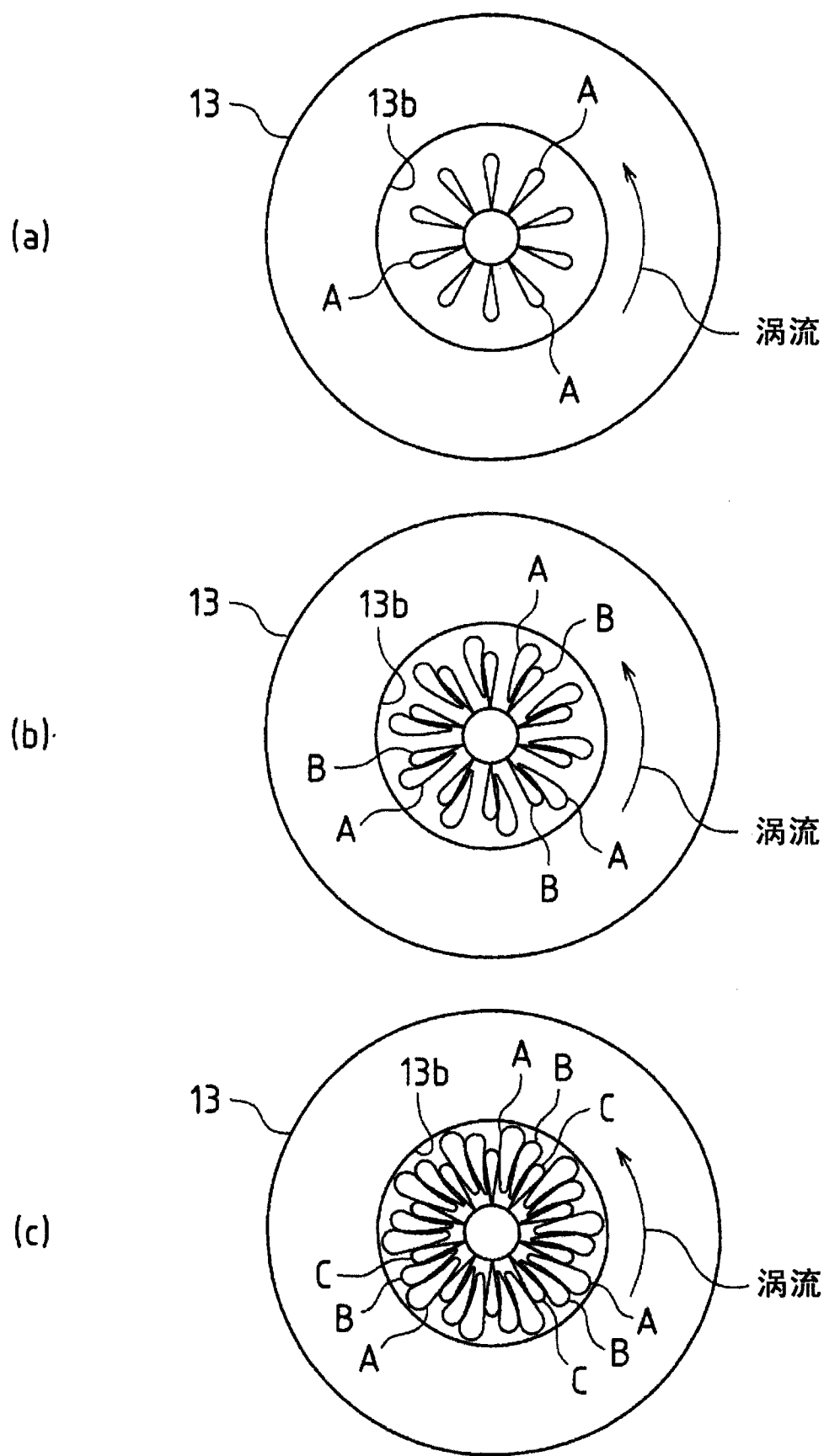
[Fig.3]



[Fig.4]



[Fig.5]



[Fig.6]