



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106460741 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(21)申请号 201580024817.5

(22)申请日 2015.03.16

(30)优先权数据

14/215,450 2014.03.17 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.11.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/020785 2015.03.16

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/142744 EN 2015.09.24

(71)申请人 伍德沃德有限公司

地址 美国科罗拉多州

(72)发明人 M·B·莱利 G·J·汉普森

D·切拉

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 李丹丹

(51)Int.Cl.

F02M 37/00(2006.01)

F02B 19/10(2006.01)

F02P 13/00(2006.01)

F02D 19/08(2006.01)

F02D 41/00(2006.01)

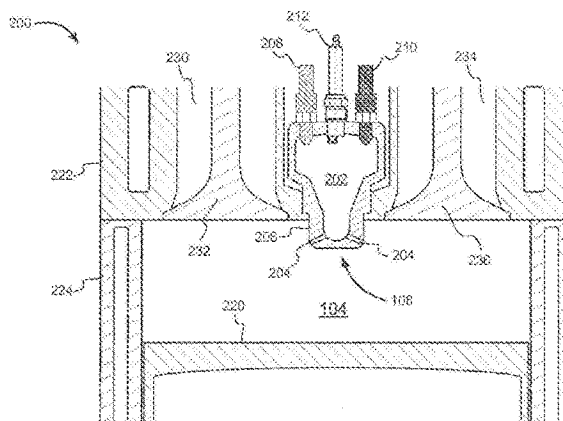
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54)发明名称

预燃室在双燃料源发动机中的使用

(57)摘要

一种系统具有发动机。发动机具有燃烧室、与燃烧室分开的预燃室和跨越在燃烧室与预燃室之间的开口。发动机还具有第一燃料供应系统和第二燃料供应系统,第一燃料供应系统适于向预燃室供应液体燃料并且第二燃料供应系统适于向燃烧室供应第二不同燃料。在某些情形下,氧气供应系统向预燃室内供应氧气。



1. 一种系统,包括:
发动机,包括:
燃烧室;
预燃室,所述预燃室与所述燃烧室分开;
开口,所述开口跨越在所述燃烧室与所述预燃室之间;
第一燃料供应系统,所述第一燃料供应系统适于向所述预燃室供应液体燃料;以及
第二燃料供应系统,所述第二燃料供应系统适于向所述燃烧室供应第二不同燃料。
2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述液体燃料是柴油燃料。
3. 根据权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述第二燃料供应系统还包括燃料气体燃料喷射器,具有通向所述预燃室的出口。
4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述第二燃料供应系统适于经由所述发动机的进气口向所述燃烧室供应 λ 为1.5或更大的燃料气体。
5. 根据权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述第二燃料供应系统包括:
通向所述发动机的进气口的燃料气体出口;以及
氧气供应系统,所述氧气供应系统适于向所述预燃室供应氧气流。
6. 根据权利要求3至5中任一项所述的系统,其特征在于,所述燃料气体包括天然气、生物气、填埋气或甲烷。
7. 根据权利要求3至6中任一项所述的系统,其特征在于,包括:在所述预燃室中的电热塞。
8. 根据权利要求3至7中任一项所述的系统,其特征在于,所述第一燃料供应系统包括液体燃料喷射器,所述液体燃料喷射器具有通向所述预燃室的出口。
9. 根据权利要求3至8中任一项所述的系统,其特征在于,所述第一燃料供应系统适于供应液体燃料作为引燃燃料来点燃所述燃料气体;并且其中所述第二燃料供应系统适合于将所述燃料气体作为主要燃料供应到所述燃烧室。
10. 根据权利要求9所述的系统,其特征在于,所述第二燃料供应系统适于向所述燃烧室供应 λ 为1.5或更大的燃料气体。
11. 根据权利要求1至10中任一项所述的系统,其特征在于,所述第一燃料供应系统适于作为主要燃料来供应所述液体燃料。
12. 根据权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述第二燃料供应系统包括:
燃料气体燃料喷射器,所述燃料气体燃料喷射器具有在所述预燃室中的出口并且并不向所述燃烧室供应燃料气体;以及
氧气源,所述氧气源适于向所述预燃室供应氧气流。
13. 根据权利要求1至12中任一项所述的系统,其特征在于,跨越在所述燃烧室与所述预燃室之间的所述开口包括射流孔口。
14. 一种方法,包括:
利用直接供应到发动机的预燃室内的液体燃料来运行所述发动机,所述预燃室与所述发动机的燃烧室分开;以及
利用直接供应到所述发动机的预燃室内的液体燃料和供应到所述燃烧室内的第二不同燃料来运行所述发动机。

15. 根据权利要求14所述的方法, 其特征在于, 利用直接供应到所述发动机的预燃室内的液体燃料和供应到所述燃烧室内的第二不同燃料来运行所述发动机包括: 利用直接供应到所述发动机的预燃室内的液体燃料和通过所述预燃室供应到所述燃烧室内的第二不同燃料来运行所述发动机。

16. 根据权利要求14或15所述的方法, 其特征在于, 所述液体燃料是柴油燃料。

17. 根据权利要求14至16中任一项所述的方法, 其特征在于, 利用直接供应到所述预燃室内的液体燃料和供应到所述燃烧室内的第二燃料来运行所述发动机包括利用液体燃料来点燃所述第二燃料。

18. 根据权利要求17所述的方法, 其特征在于, 所述第二燃料包括燃料气体。

19. 根据权利要求8所述的方法, 其特征在于, 包括将所述燃料气体供应到所述发动机的进气口内以产生1.5或更大的总 λ 。

20. 根据前述权利要求14至19中任一项所述的方法, 其特征在于, 包括: 将氧气流直接供应到所述预燃室。

21. 根据权利要求14所述的方法, 其特征在于, 利用直接供应到所述发动机的预燃室内的液体燃料和供应到所述燃烧室内的第二不同燃料来运行发动机包括: 利用直接供应到所述发动机的预燃室内的液体燃料、供应到所述燃烧室内的所述第二不同燃料和直接供应到所述预燃室内的所述第二不同燃料来运行所述发动机。

预燃室在双燃料源发动机中的使用

[0001] 优先权申明

[0002] 本申请要求保护在2014年3月17日提交的美国专利申请No.14/215,450的优先权，该专利申请的全部内容以引用的方式并入到本文中。

背景技术

[0003] 急需以更稀薄的空气/燃料比来运行天然气发动机以实现更高的功率密度，改进的热效率和低氮氧化物(NO_x)排放。随着混合物变得更稀薄，点燃系统的负担增加。预燃室火花塞技术是提供可靠点燃的有效方式，即使在主缸中利用均匀稀薄混合物。在预燃室塞中的可靠燃烧生成必需的压力来驱动在主燃烧室中的湍流射流燃烧。然而，这种系统具有限制，超过这些限制，空气/燃料比太稀薄而不能在预燃室以及主燃室中实现可靠的燃烧。为了克服这些限制，多个制造商生产(并且正使用)燃料进给预燃室(燃料FPC，也被称作换气式(scavenging)、富油预燃室)，其中通过向预燃室精确地递送少量燃料，在预燃室内形成更浓稠的空气/燃料比。通常，燃料FPC具有显著更大体积并且因此能递送比预燃室火花塞显著更多能量的射流。在预燃室中这种更浓稠的混合物形成可靠的点燃和燃烧，而这生成快速压力升高来驱动湍流射流到主燃室内。

[0004] 然而，在内燃机中的燃料FPC通常产生发动机的总NO_x输出的大部分。这是由于燃烧时间、温度和用于在预燃室中燃烧燃料所用的空气中的氮气的存在造成。另一方面，在没有从预燃室排出的这些高能射流的情况下，在主缸中很稀薄混合物的可靠点燃将很难。问题在于在预燃室中实现可靠的燃烧而不产生显著的NO_x。

[0005] 双燃料发动机是被配置成利用两种不同类型的燃料运行的发动机。例如，双燃料发动机可以利用天然气和柴油来运行。双燃料发动机可以利用单种燃料作为主燃料或者两种燃料的混合物来运行。然而，双燃料发动机可以具有限制效率的问题。例如，利用天然气进行火花点燃的发动机并不与柴油机相同的压缩比运行，主要是因为爆震问题。这些发动机具有比柴油发动机更低的压缩比以防止爆震。因此，具有用于天然气运行的更低压缩比的双燃料发动机将在柴油运行期间具有降低的效率。

发明内容

[0006] 在第一总体方面，一种系统，包括发动机，发动机包括：燃烧室；预燃室，其与燃烧室分开；开口，其跨越在燃烧室与预燃室之间；第一燃料供应系统，其适于向预燃室供应液体燃料；以及，第二燃料供应系统，其适于向燃烧室供应第二不同燃料。

[0007] 根据方面1的方面2，其中液体燃料是柴油燃料。

[0008] 根据方面1或方面2的方面3，其中第二燃料供应系统还包括燃料气体燃料喷射器，具有通向预燃室的出口。

[0009] 根据方面3的方面4，其中第二燃料供应系统适于经由发动机的进气口向燃烧室供应 λ 为1.5或更大的燃料气体。

[0010] 根据方面1或方面2的方面5，其中第二燃料供应系统包括：通向发动机的进气口的

燃料气体出口;以及,氧气供应系统,其适于向预燃室供应氧气流。

[0011] 根据方面3至5中任一项所述的方面6,燃料气体包括天然气、生物气、填埋气或甲烷。

[0012] 根据方面3至6中任一项所述的方面7,包括在预燃室中的电热塞。

[0013] 根据方面3至7中任一项所述的方面8,其中第一燃料供应系统包括液体燃料喷射器,其具有通向预燃室的出口。

[0014] 根据方面3至8中任一项所述的方面9,其中第一燃料供应系统适于供应液体燃料作为引燃燃料来点燃燃料气体;并且其中第二燃料供应系统适合于将燃料气体作为主要燃料供应到燃烧室。

[0015] 根据方面9的方面10,其中第二燃料供应系统适于以1.5或更大的 λ 向燃烧室供应燃料气体。

[0016] 根据方面1至10中任一项所述的方面11,其中第一燃料供应系统适于供应液体燃料作为主要燃料。

[0017] 根据方面1或方面2的方面12,其中第二燃料供应系统包括:燃料气体燃料喷射器,其具有在预燃室中的出口并且并不向燃烧室供应燃料气体;以及,氧气源,其适于向预燃室供应氧气流。

[0018] 根据方面1至12中任一项所述的方面13,跨越在燃烧室与预燃室之间的开口包括射流孔口。

[0019] 在第十四总体方面,一种方法,包括利用直接供应到发动机的预燃室内的液体燃料来运行发动机,预燃室与发动机的燃烧室分开;以及利用直接供应到发动机的预燃室内的液体燃料和供应到燃烧室内的第二不同燃料来运行发动机。

[0020] 根据方面14的方面15,其中利用直接供应到发动机的预燃室内的液体燃料和供应到燃烧室内的第二不同燃料来运行发动机包括:利用直接供应到发动机的预燃室内的液体燃料和通过预燃室供应到燃烧室内的第二不同燃料来运行发动机。

[0021] 根据方面14或方面15的方面16,其中液体燃料是柴油燃料。

[0022] 根据方面14至16中任一项所述的方面17,利用直接供应到预燃室内的液体燃料和供应到燃烧室内的第二燃料来运行发动机包括利用液体燃料来点燃第二燃料。

[0023] 根据方面17的方面18,其中第二燃料包括燃料气体。

[0024] 根据方面18的方面19,其中将燃料气体供应到发动机的进气口内以产生1.5或更大的总 λ 。

[0025] 根据方面14至19中任一项所述的方面20,将氧气流直接供应到预燃室。

[0026] 根据方面14的方面21,其中利用直接供应到发动机的预燃室内的液体燃料和供应到燃烧室内的第二不同燃料来运行发动机包括:利用直接供应到发动机的预燃室内的液体燃料、供应到燃烧室内的第二不同燃料和直接供应到预燃室内的第二不同燃料来运行发动机。

附图说明

[0027] 图1A是示例发动机系统的示意图。

[0028] 图1B是具有火花塞的氧气和燃料进给预燃室的详细示意图。

- [0029] 图2是在低温的氧气和氮气的蒸气压力的曲线图。
- [0030] 图3A是具有电热塞的供应氧气和加液体燃料的预燃室的详细示意图。
- [0031] 图3B是供应氧气、加燃料气体和加液体燃料的预燃室的详细示意图。
- [0032] 在各个附图中相同的附图标记表示相似元件。

具体实施方式

[0033] 图1A描绘了具有发动机系统100的示例发动机102。示例发动机系统100包括向发动机102供应氧气的系统。示例发动机102是往复式活塞发动机，其使用天然气作为燃料，但其它发动机配置也在本发明的构思内。发动机系统100可以合并到承载发动机102或者与发动机102相关联的滑撬内或者由发动机102提供动力或者不由发动机102提供动力的车辆内。发动机102包括一个或多个燃烧室104(示出一个)，燃烧室各具有进料预燃室(FPC) 106，被进给一种或多种液体燃料、气态燃料和氧气。在某些情形下，FPC 106呈FPC点燃器的形式(例如，火花塞、激光点燃器、热表面、热气体和/或其它类型的点燃器)。然而，其它配置也在本发明的构思内。

[0034] 示例FPC 106被配置成接收并且点燃一种或多种气态燃料(例如，气态甲烷、天然气、生物气、填埋气、丙烷或其它气态燃料或者被称作燃料气体的短链烃)和/或液体燃料(例如，柴油、生物柴油、二甲醚、生物-二甲醚(bioDME)、汽油和/或其它液体燃料)和气态氧气的进料，并且向燃烧室104内产生火焰湍流射流。而射流点燃在燃烧室104中的天然气或其它燃料。发动机系统100包括燃料气体供应系统、液体燃料供应系统和氧气供应系统。燃料气体供应系统和液体燃料供应系统是被配置成分别向发动机102供应燃料气体和液体燃料的燃料供应系统。例如，燃料可以供应给FPC 106、燃烧室104和/或发动机102的进气口。燃料气体供应系统、液体燃料供应系统和氧气供应系统各包括燃料源(即，液态天然气罐108和柴油燃料罐144)、燃料管线、混合器和/或燃料喷射器。燃料气体供应系统、液体燃料供应系统和氧气供应系统以及它们的操作在下文中更详细描述。天然气的可燃部分主要由甲烷组成，但是天然存在的天然气发现具有多达60%的不可燃物质诸如CO₂或N₂。天然气内可以加入短链烃诸如C₂H₂、C₂H₆、C₃H₈等以及其它反应性物质诸如H₂和CO，并且仍将被称作天然气。术语“天然气”和“甲烷”在本发明的构思内基本上是可互换的。在某些实施例中，液体燃料也从罐144由液体燃料供应系统供应给FPC 106。液体燃料可以作为引燃燃料或者作为主要燃料燃烧。燃料和氧气到预燃室的供应用来清除FPC 106中的氮气(全部或基本上全部清除)。

[0035] ECM 146控制发动机系统100、燃料气体供应系统、液体燃料供应系统和氧气供应系统的操作。ECM 146能调整发动机100以加速或减速，或者提供更多或更少动力。

[0036] 氧气供应系统包括氧气源，诸如氧气罐、类似于图1A中所描述的系统和其它源。氧气供应系统还包括相关联的管线、喷射器和ECM 146的氧气控制方面。在发动机运行时，在ECM 146的控制下，氧气供应系统将氧气供应给发动机102。例如，氧气供应系统可以适于供应氧气流到预燃室诸如自图1A的FPC 16或者自图1B、图3A或图3B的预燃室体积202。

[0037] 燃料供应系统和液体燃料供应系统各包括燃料源(例如，燃料罐和/或另一源)、燃料管线、燃料/空气混合器和/或燃料喷射器以及ECM 146的燃料控制方面。在一示例中，发动机系统100具有第一燃料供应系统和第二燃料供应系统，第一燃料供应系统是柴油燃料

供应系统用来向发动机102供应柴油燃料,第二燃料供应系统用来向发动机102供应气态天然气。存在许多其它示例,并且其它燃料可以供应到发动机102。液体燃料供应系统可以适于向FPC 106或者燃烧室104供应液体燃料作为主燃料或者作为引燃燃料。燃料气体供应系统可以适于向发动机的FPC 106或燃烧室104供应燃料气体作为主要燃料。例如,燃料系统可以适合于经由通向发动机的进气口的燃料气体出口或者经由具有通向发动机的燃烧室或者发动机的预燃室的出口的喷射器向燃烧室供应燃料气体。燃料气体供应系统和液体燃料供应系统适于在ECM 146的控制下供应燃料。ECM 146可以控制与每个燃料供应系统相关联的燃料喷射器和/或空气/燃料混合器。例如,ECM 146可以控制氧气的比例或量和供应给发动机102的每种燃料类型,或者ECM 146可以控制每种燃料流率、压力、量、时间、 λ 等。

[0038] 图1B示出了示例发动机200的一部分的截面图。示例内燃机200是往复式发动机并且包括缸盖22、块体224和活塞220。活塞220位于块体224内侧的缸内。在发动机运行期间,活塞220能在缸内侧往复移动。燃烧室104是位于缸盖222与活塞220之间的缸内侧的体积并且由块体224界定。

[0039] 发动机200包括示例FPC 106,示例FPC 106位于缸盖222内并且邻近燃烧室104。FPC 106包括预燃室体积202,预燃室体积202由一系列通风孔204连接到发动机燃烧室104并且由壳体206界定。通风孔204跨越在预燃室体积202与燃烧室104之间并且允许未燃尽的燃料、氧气、火焰和部分或完全燃烧的活性自由基(例如, $\text{OH}^\bullet$ 、 CO)离开预燃室体积202到燃烧室104内。示例FPC 106包括氧气喷射器208和燃料喷射器210。氧气喷射器208将氧气流(该流完全或基本上完全为氧气)直接进给到FPC 106的预燃室体积202内。氧气可以从下文参考图1A所描述的氧气生成系统供应到氧气喷射器208。燃料喷射器210将燃料直接进给到预燃室体积202内,燃料与氧气流一起清除预燃室体积202的氮气。氧气和燃料在预燃室体积202中混合并且点燃。

[0040] 这种示例FPC 106包括示例点燃器212。点燃器212点燃在预燃室体积202中的氧气/燃料混合物。在点燃之后,燃烧的氧气/燃料混合物膨胀,显著地增加了在预燃室体积202内侧的压力,并且从通风孔204喷出到燃烧室104内,在燃烧室104内,其点燃在发动机燃烧室104中的燃料。通风孔204可以是射流孔口或其它喷嘴,其将离开预燃室体积202的燃烧混合物集中成为一个或多个火焰射流,火焰射流延伸到燃烧室104内。在某些情形下,射流可以大部分到达燃烧室104的侧壁以便于在燃烧室104中点燃所有燃料/空气混合物。

[0041] 图1B的FPC 106只是一个示例;在下文中描述了许多其它示例。而且,可以使用FPC或FPC点燃器的其它配置,包括其它点燃方式(火花塞、受热表面、激光器和/或其它方式)。同样,FPC 106无需与点燃器集成,但是可以是形成于发动机缸盖中或其它位置的腔室,其与点燃器212协同操作,或者在其中燃烧室104中的燃料被压缩点燃(例如柴油)的情况下,并不与点燃器协同操作。在某些实施方式中,仅氧气供应到FPC 106。在某些实施方式中,燃料并非喷射到预燃室体积202内而是可以从燃烧室104进入FPC 106。在某些实施方式中,燃料可以以均匀或分层方式供应到主燃室104内,这导致在压缩冲程期间当缸体积随着活塞朝向缸盖移动而减小时在预燃室体积202处浓稠的混合物并且在主燃室内生成压缩压力和因此进入预燃室的混合物流。

[0042] 示例内燃机200包括带有进气阀232的进气通路230和带有排气阀236的排气通路234。通路230、234在缸盖222中邻近燃烧室104,并且阀232、236构成燃烧室104的壁的部分。

在发动机运行期间,进气阀232打开以使新鲜充注的空气/燃料混合物流从进气通路230到燃烧室104内。在其它情形下,进气阀232仅允许空气进入并且位于燃烧室104中和/或预燃室体积202中的燃料喷射器仅允许燃料进入以在燃烧室104中形成空气/燃料混合物。在燃烧之后,排气阀236打开以将燃烧残留物从燃烧室104排出到排气通路234内。尽管本发明的构思关于往复式内燃机展开描述,这些构思也可以适用于其它内燃机配置。

[0043] 在图1A的示例中,提供给发动机102的燃料气体作为液化天然气(LNG)储存在LNG罐108中。提供给FPC 106的氧气在热交换器110中产生。热交换器110包括空气侧112和LNG侧114,空气侧112被提供来自空气入口116的空气,LNG侧114被提供来自LNG罐108的LNG。热交换器110从空气侧112向LNG侧114传热,并且因此从空气向LNG传热,冷却空气。在某些情形下,来自空气入口116的空气在转移到空气侧112之前由压缩机118压缩。例如,压缩机118可以将空气压缩到6-15巴范围的压力。在某些情形下,来自LNG罐108的LNG在转移到LNG侧114之前由压缩机120压缩。例如,压缩机120可以将LNG压缩到6-20巴范围的压力。

[0044] 热交换器110设计和氧气和LNG的入口条件选择为使得热交换器110将空气侧112中的压缩空气冷却为空气中的氮气组分保持为气态但是空气中的氧气组分冷凝为液态的温度。通过排出氮气和/或者其它气液分离技术而使气态的氮气组分与液态氧气组分分离并且通过N₂排气口124排出。然后将液态氧气组分转移到FPC 106以用于点燃和燃烧。在某些情形下,液态氧气在转移到FPC 106内之前首先在L02热交换器126中加热到汽化。L02热交换器126从诸如发动机冷却剂等热源向液态氧气传热。在某些情况下,压缩机140压缩来自热交换器126的气态氧气以递送给FPC 106。例如,压缩机140可以将气态氧气压缩到高达200巴的压力。

[0045] 热交换器110的LNG侧114的输出联接到LNG热交换器122。LNG热交换器122从诸如发动机冷却剂等热源向LNG传热。如果在热交换器110处吸收的热并未使LNG汽化,那么在热交换器122中的传热能将LNG汽化为气体或者确保LNG汽化为气体。然后气态燃料气体作为燃料供应给燃烧室104和FPC 106。

[0046] 从热交换器110放出的气态氮气比大气空气更冷。在某些情况下,N₂排气管124联接到另一热交换器128,另一热交换器128被配置成通过将N₂排气管作为散热器来将进入压缩机118的空气预冷和除湿。在某些情况下,使用空气对空气热交换器130来预冷压缩空气。因此,进入热交换器110的空气可以以某量预冷并且减轻了热交换器110的负担。热交换器110还进一步将空气除湿。

[0047] 上文所描述的空气的低温分离过程使用LNG作为散热器例如在诸如图1A的热交换器110的空气/LNG热交换器中实施。图2示出了氧气和氮气的蒸气压力的曲线图300。曲线图300的x轴线是以摄氏度为单位的温度。曲线图300的y轴线表示以巴为单位的蒸气压力。曲线310a表示氧气的蒸气压力并且曲线310b表示氮气的蒸气压力。一般而言,在给定温度,物质在低于其蒸气压力的压力将呈气态,并且物质在高于其蒸气压力的压力将呈液态。线320标记在曲线300上近似-162℃的温度。-162℃的温度是进入氧气供应预燃室系统中的空气/LNG热交换器的LNG的近似温度,并且在此处用作示例温度。虽然在大约-162℃的LNG用于本文所描述的示例系统中,这种方案可以用于储存温度足够低用于空气低温分离的任何燃料。例如,可以使用在-120℃或更低温度储存的燃料,但是所需空气压力将高于在-162℃的压力。

[0048] 线330a和330b分别标记氧气和氮气在-162℃温度的平衡蒸气压力值。线330a表示在-162℃的氧气蒸气压力为大约6巴。线330b表示在-162℃的氮气蒸气压力大约为15巴。

[0049] 在-162℃的温度(线320),氧气在高于大约6巴将为气态,如由线段320b、320c所示。氧气在低于6巴的压力将为气态,如由线段320a所示。同样,氮气在低于大约15巴的压力将为气态,如由线段320a和320b所示,并且在高于大约15巴的压力将为液态,如由线段320c所示。因此,对于冷却到-162℃的氮气与氧气(即空气)的气态混合物,如果压力保持在大约6巴与15巴之间,氧气组分可以冷凝到液态,而氮气组分仍在气态。这由线段320b表示。

[0050] 在图1A中示出的示例发动机系统100中,空气与LNG进行热交换而冷却。空气在到达热交换器之前被压缩到适当压力(例如,6-15巴)。因此,如图2所示,空气的氧气组分可以冷凝为液体并且空气的氮气组分能保持为气态。

[0051] 在某些情形下,与常规预燃室系统相比,本文所描述的发动机系统100可以减少在燃烧期间产生的NO_x量。氧气供应系统减少NO_x的产生,因为在预燃室中的氮气量更少。供应氧气从预燃室清除全部空气或部分空气并且因此减少在预燃室/燃烧室体积中的空气量。在预燃室中的更少氮气转变为更少氮气可用于NO_x形成。在某些情形下,NO_x产生可以减少以便排除向发动机排气提供后处理的需要。

[0052] 而且,为了实现规定氧化剂/燃料比(如果仅氧气供应到预燃室)需要供应的氧气质量可能小于在使用空气的情况下氧化剂/燃料的等效比例所需的空气质量,因为除去了在空气中的稀释剂(主要是氮气)。因此,被供应氧气的预燃室可以具有比使用空气的预燃室更小的体积来产生给定燃料充注量。特别地,由于氧气的质量和体积更小,在喷射到供应氧气的预燃室内之前压缩氧气所需的能量可以小于在喷射到空气充注预燃室内之前压缩空气所需的能量。例如,到充注氧气的预燃室的氧气质量流量可以小于到空气充注预燃室的空气多达90%。

[0053] 供应空气的预燃室需要具有稀薄的空气/燃料比以减少NO_x形成。当可用氮气更少时,供应氧气的预燃室可以比供应空气的预燃室更接近化学计量氧气与烃比运行,改进了点燃可靠性和燃烧稳定性。用于特定燃料的空气/燃料比可以由参数 λ 描述,其中 λ 定义为实际空气/燃料比除以化学计量比。例如,稀薄的空气/燃料混合物必须具有大于一的 λ 。

[0054] 在某些情形下,可以有利地向预燃室体积202充注比所需要的更多的氧气或者更多的燃料。更多的氧气将产生通向燃烧室内的湍流射流,这将造成燃烧在射流内开始,若需要,缩短了燃烧持续时间。更多的甲烷将产生浓稠射流,浓稠射流将随着扩散火焰一起燃烧,类似于柴油发动机,但是优选地具有更短的持续时间,因为燃料已经是蒸气。

[0055] 因为本文所描述的发动机系统100生成氧气供应,其并不需要单独的氧气源,诸如必须被周期性地再填充的液氧储罐。由于并不需要单独氧气源,该系统可以更易于并入,而空间约束(例如,车辆)或可接近性(例如,偏远位置)使得具有单独的储罐是不现实的。其它供应氧气的方式可以包括储罐或低温系统,低温系统充分冷却周围空气而无需冷储集器用于LNG罐。

[0056] 图3A描绘了具有间接柴油喷射(IDI)的示例发动机400。发动机400基本上类似于图1B中示出的发动机200,包括燃烧室104、FPC 106和预燃室体积202。示例发动机400还包括氧气喷射器208和液体燃料喷射器214,出口通向预燃室体积202。位于预燃室体积202内的液体燃料喷射器214可以充当间接柴油喷射系统,并且液体燃料可以更早喷射并且处于

比直接喷射系统更低的压力。示例发动机400还包括在预燃室体积202中的电热塞216,但是电热塞216在其它实施例中可能并不存在。液体燃料喷射器214可以联接到燃料供应系统诸如图1A中的柴油燃料供应系统。示例发动机400还包括氧气供应系统(未图示),氧气供应系统可以向发动机的预燃室体积202供应氧气流(完全为氧气或基本上为氧气)。氧气喷射器208可以联接到诸如图1A所描述的氧气供应系统。氧气喷射器208和氧气供应系统在其它实施例中可以不存在。

[0057] 示例发动机400还包括燃料气体供应系统(未图示),燃料气体供应系统可以将燃料气体供应到发动机的进气通路230。例如,燃料气体可以经由进气口中的燃料/空气混合器或燃料喷射器供应。燃料气体供应系统可以是诸如在图1A中所描述的系统。在其它实施例中,燃料气体供应系统将燃料气体直接供应到燃烧室104,诸如通过单独的燃料气体喷射器。在某些示例中,燃料气体供应系统可以将燃料气体以1.5或更大的总(总体) λ 供应到燃烧室。

[0058] 示例发动机400可以作为双燃料发动机运行。发动机400具有供应到预燃室体积202的第一燃料,液体燃料和供应到燃烧室104的第二燃料,燃料气体。发动机400可以仅利用液体燃料运行。发动机400还可以利用几乎全部燃料气体来运行,将燃料气体用作主要燃料并且将液体燃料用作引燃燃料。发动机400还可以使用燃料气体和液体燃料的任何比例运行。供应给发动机400的燃料可以随着时间改变。例如,发动机400可以仅利用液体燃料运行持续一段时间并且然后引入燃料气体使得发动机利用液体燃料和燃料气体运行。燃料气体和液体燃料的比例也可以改变。例如,燃料气体与液体燃料的比例可以(例如,由ECM146)动态地调整,取决于发动机运行的当前状态或预期状态。

[0059] 示例发动机400可以作为单燃料发动机运行,仅液体燃料经由液体燃料喷射器214供应到预燃室体积202内。在示例单燃料运行中,液体燃料喷射器214将全部液体燃料充注供应到预燃室体积202内。在腔室104和预燃室体积202中的液体燃料然后经由压缩而点燃和/或使用电热塞216而点燃。可能希望发动机400仅使用液体燃料运行,诸如在发动机启动期间或者当燃料气体的供应不可用或者不一致时。在发动机启之后,发动机可以继续进利用液体燃料运行或者发动机可以利用液体燃料和燃料气体的组合运行。示例发动机400可以使用相同的单FPC 106用于液体燃料、燃料气体或者任何比例的液体燃料和燃料气体。示例发动机400可以用于双燃料应用中,其中,需要完全液体燃料运行,同时向早已空间有限的发动机包装添加完全燃料气体能力。

[0060] 如所提到的那样,在某些情形下,示例发动机400也可以作为双燃料发动机运行,其中燃料气体作为主要燃料供应并且液体燃料作为引燃燃料供应以点燃燃料气体。引燃燃料是在主要燃料之前点燃的燃料并且随后点燃主要燃料。在液态引燃燃料运行的情况下,在缸中生成的温度和压力可以充分自动点燃在预燃室体积202或燃烧室104中存在的液体燃料,但是不足以自动点燃存在的燃料气体。燃料气体然后可以由液体燃料点燃所产生的火焰核心点燃。在预燃室燃料燃烧时,火焰从预燃室体积202喷出到燃烧室104内,点燃在燃烧室104中存在的任何主要燃料。在某些示例中,液体燃料可以用于微型引燃或纳米级引燃布置,或者利用单独火花塞引燃。在某些示例中,电热塞216可以提供额外热来便于液体燃料点燃,诸如在发动机启动期间。在高压压缩比发动机诸如转换为双燃料的柴油发动机中,润滑油能在引燃液体燃料之前或者随着引燃液体燃料在主燃室中自动点燃。在纯柴油或很稀

薄的双燃料发动机中,油自动点燃并不成问题,因为主混合物太稀薄而不能支持燃烧。然而,在具有足够浓稠以支持火焰($\lambda < 2.0$)的混合物的双燃料发动机中,油自动点燃导致不受控制的燃烧和可能爆震,以及过大压力,这是由于来自油滴所代表的额外点燃位点的燃烧定相和焚烧速率。然而,在引燃喷射到预燃室内情况下,用于在预燃室中的自动点燃的条件比主燃室更有利,因此能将发动机设计成点燃预燃室中的引燃燃料,而不具有充分高的压缩比来自动点燃主燃室油滴。

[0061] 图3B描绘了具有间接柴油喷射的示例发动机500。发动机500基本上类似于图1B中示出的发动机200和在图3A中示出了发动机400,包括燃烧室104、FPC 106和预燃室体积202。示例发动机500还包括氧气喷射器208、液体燃料喷射器214和燃料气体喷射器210。喷射器208、214、210具有通向预燃室体积202的出口。示例发动机500并不包括在预燃室体积202中的电热塞216,但是在其它实施例中可能存在电热塞216。液体燃料喷射器214可以联接到燃料供应系统诸如图1A的柴油供应系统。燃料气体喷射器210可以联接到燃料气体供应系统诸如图1A中所描述的燃料气体供应系统。氧气喷射器208可以联接到诸如图1A中所描述的氧气供应系统。在其它实施例中可能不存在氧气喷射器208和氧气供应系统。

[0062] 联接到示例发动机500的燃料气体供应系统也可以例如经由燃料/空气混合器、燃料气体喷射器和/或以其它方式向发动机的进气通路230供应燃料气体。在其它实施例中,燃料气体供应系统向燃烧室104直接供应燃料气体,诸如通过单独燃料气体喷射器。在某些示例中,燃料气体供应系统以1.5或更大的总 λ 向燃烧室供应燃料气体。

[0063] 示例发动机500可以作为双燃料发动机运行。发动机500具有供应到预燃室体积202的第一燃料,液体燃料和供应到预燃室体积202和燃烧室104的第二燃料,燃料气体。发动机500可以仅利用液体燃料运行,使用液体燃料作为主要燃料。液体燃料供应到发动机经由喷射器214到预燃室体积202内。液体燃料然后通过压缩和/或(若存在)电热塞216点燃。发动机500也可以利用几乎全燃料气体运行,将燃料气体用作主要燃料并且将液体燃料用作引燃燃料,如先前所描述。发动机500也可以使用燃料气体与液体燃料的任何比例运行。在某些实施例中,供应到燃烧室104的全部燃料气体经由喷射器210通过在SPC 106中的通风孔供应。

[0064] 示例发动机500可以利用燃料气体,将液体燃料和氧气作为引燃点燃,作为双燃料发动机运行。例如,空气可以通过发动机进气口230供应到腔室104并且全部燃料气体可以经由喷射器210提供到预燃室体积202内。可以调整经由喷射器210供应的燃料气体充注量以提供在预燃室体积202或燃烧室104内的特定 λ 。在其它示例中,燃料气体提供给发动机的进气口230或者经由额外燃料气体喷射器(未图示)直接喷射到腔室104内。在实现了预燃室体积202和/或燃烧室104的所希望的 λ 之后,液体燃料由喷射器214喷射到预燃室体积202内并且氧气由喷射器210喷射到预燃室体积202内。在预燃室体积202中液体燃料和氧气经由压缩(和/或电热塞216)点燃,并且所形成的火焰核心点燃在预燃室体积202和燃烧室104中的燃料气体,如先前所描述。

[0065] 如先前所描述,将氧气供应到预燃室体积202内可以减少所产生的 NO_x 的和烟灰量,并且也允许使用更小的预燃室体积202。控制氧气供应可以控制点燃延迟,因为氧气可以改进燃烧过程并且缩短总焚烧持续时间。向预燃室体积202提供更少氧气可以延迟点燃过程,因为在预燃室体积202中的燃烧将比存在更少氧气的情况更缓慢。向预燃室体积202

提供更多氧气能加速点燃过程,因为点燃主燃室的火焰射流更早地产生。提供更多的氧气也可以增加在预燃室体积202内的总压力,这能造成火焰射流更深地延伸到主燃室内,更均匀地并且彻底地点燃在燃烧室中的燃料。也可以供应氧气以在发动机负荷瞬态期间诸如加速期间提高性能。更多的氧气可以供应到预燃室持续若干发动机循环以暂时产生更多功率并且同时限制烟灰产生。因此,可以动态地(例如经由ECM 146)控制氧气供应以改进发动机效率和性能。

[0066] 向预燃室体积202供应氧气和燃料也可以允许精确地控制预燃室体积202中的混合物的 λ 。燃料和氧气能以特定量喷射到相对局部区域,并且因此可预测地确定预燃室体积202的 λ 。可以针对不同的运行条件来(例如经由ECM 146)调整氧气和燃料量。例如,引入到预燃室体积202内的燃料和氧气量大小可以适于提供适当能量以将湍流射流递送到燃烧室104内。可以调整供应到预燃室体积202内的氧气量以控制在湍流射流中的能量含量和在预燃室体积202中的燃烧温度。喷射到预燃室体积202内的氧气和燃料也可以使稀释剂(例如,燃烧残余物、烟灰)移位并且将它们从预燃室体积202冲出来。如果液体燃料作为引燃燃料喷射到预燃室体积202内,氧气喷射的时机可以是点燃触发。在某些情况下,燃料和氧气能同时喷射,并且在其它情况下,燃料和氧气以不同时机喷射以便于在点燃之前混合。燃料和氧气的时机和量可以调节以形成燃料和氧气在预燃室体积202内的分层分布。例如,液体燃料可以在氧气之前喷射使得氧气浓度在喷射器处更大并且燃料浓度在射流孔口处更大。可以调整燃料和氧气的时机和量以在预燃室体积202或预燃室体积202的一部分中产生化学计量或接近化学计量混合物。

[0067] 将液体燃料作为燃料气体点燃的引燃燃料(添加或不添加氧气)可以提供发动机效率益处。例如,通过动态地调整燃料/空气比,可以控制发动机功率输出,而无需使用节流阀。例如,在低负荷运行期间,可能希望减小发动机输出功率。

[0068] 体积局限性可能需要在FPC 106中用于燃料气体和氧气的单个喷射器。这些成分可以在递送到FPC 106中的组合喷射器之前混合。混合的气体可以在点燃事件之前用来清除在预燃室体积202的氮气。

[0069] 虽然本说明书包含许多细节,这些细节不应理解为限制可能要求保护的发明的范围,而是仅描述特定示例的具体特征。也可以组合在单独实施方式的情况下在说明书中描述的某些特征。相反,在单个实施方式的情形下描述的各种特征也可以单独地或者以任何合适子组合在多个实施例中实施。

[0070] 某些方面涵盖具有发动机的系统。发动机具有燃烧室、与燃烧室分开的预燃室和跨越在燃烧室与预燃室之间的开口。发动机还具有第一燃料供应系统和第二燃料供应系统,第一燃料供应系统适于向预燃室供应液体燃料,第二燃料供应系统适合于向燃烧室供应第二不同燃料。

[0071] 某些方面涵盖一种方法,其中,发动机利用直接到发动机的预燃室内的液体燃料供应运行。预燃室与发动机的燃烧室分开。发动机也利用直接供应到发动机的预燃室内的液体燃料和供应到燃烧室内的第二不同燃料运行。

[0072] 上述方面包括以下特征中的某些、不包括下面的任何特征或包括下面的全部特征。在某些情形下,液体燃料是柴油燃料。第二燃料供应系统可以包括通向发动机的进气口的燃料气体出口和适于将氧气流供应到预燃室的氧气供应系统。燃料气体可以包括天然

气、生物气体、填埋气、甲烷和/或其它短链烃。在某些情形下,预燃室包括电热塞。在某些情形下,第一燃料供应系统包括液体燃料喷射器,液体燃料喷射器具有通向预燃室的出口。在某些情形下,第一燃料供应系统适于作为引燃燃料供应液体燃料以点燃燃料气体,并且第二燃料供应系统适于向燃烧室供应燃料气体作为主要燃料。在某些情形下,第二燃料供应系统适于向燃烧室供应1.5或更大的 λ 的燃料气体。第一燃料供应系统可以供应液体燃料作为主要燃料。在某些情形下,第二燃料供应系统包括燃料气体燃料喷射器,其具有通向预燃室的出口。在某些情形下,第二燃料供应系统适于经由发动机的进气口向燃烧室供应总 λ 为1.5或更大的燃料气体。在某些情形下,第二燃料供应系统适于经由发动机的进气口向燃烧室供应总 λ 为1.5或更大的燃料气体。在某些情形下,第二燃料供应系统包括燃料气体燃料喷射器,其具有在预燃室中的出口并且并不向燃烧室供应燃料气体。氧气供应适于向预燃室供应氧气流。跨越在燃烧室与预燃室之间的开口可以是射流孔口。

[0073] 描述了多个示例。然而,应了解可以做出各种修改。因此,其它实施例在权利要求的范围内。

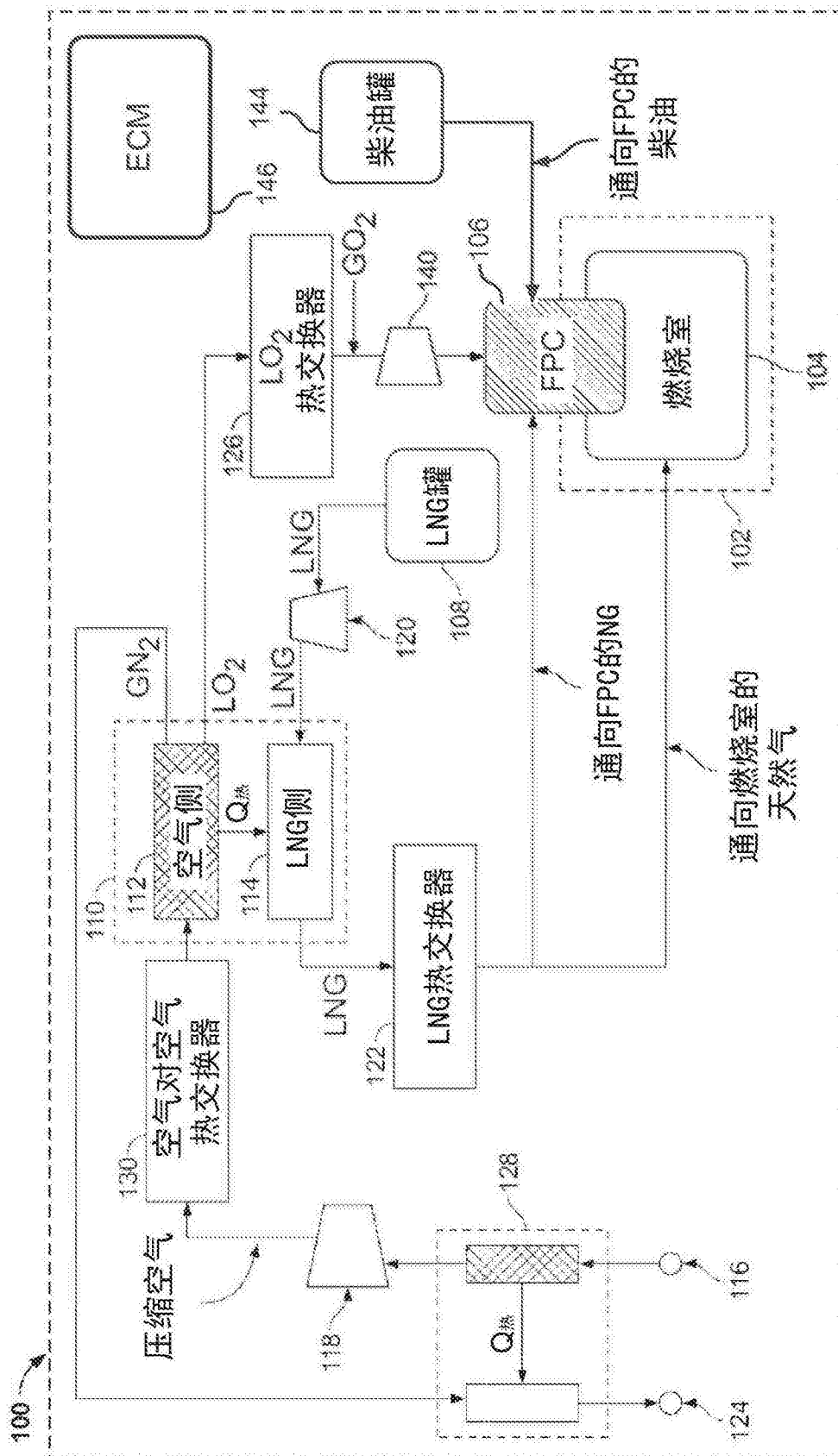


图1A

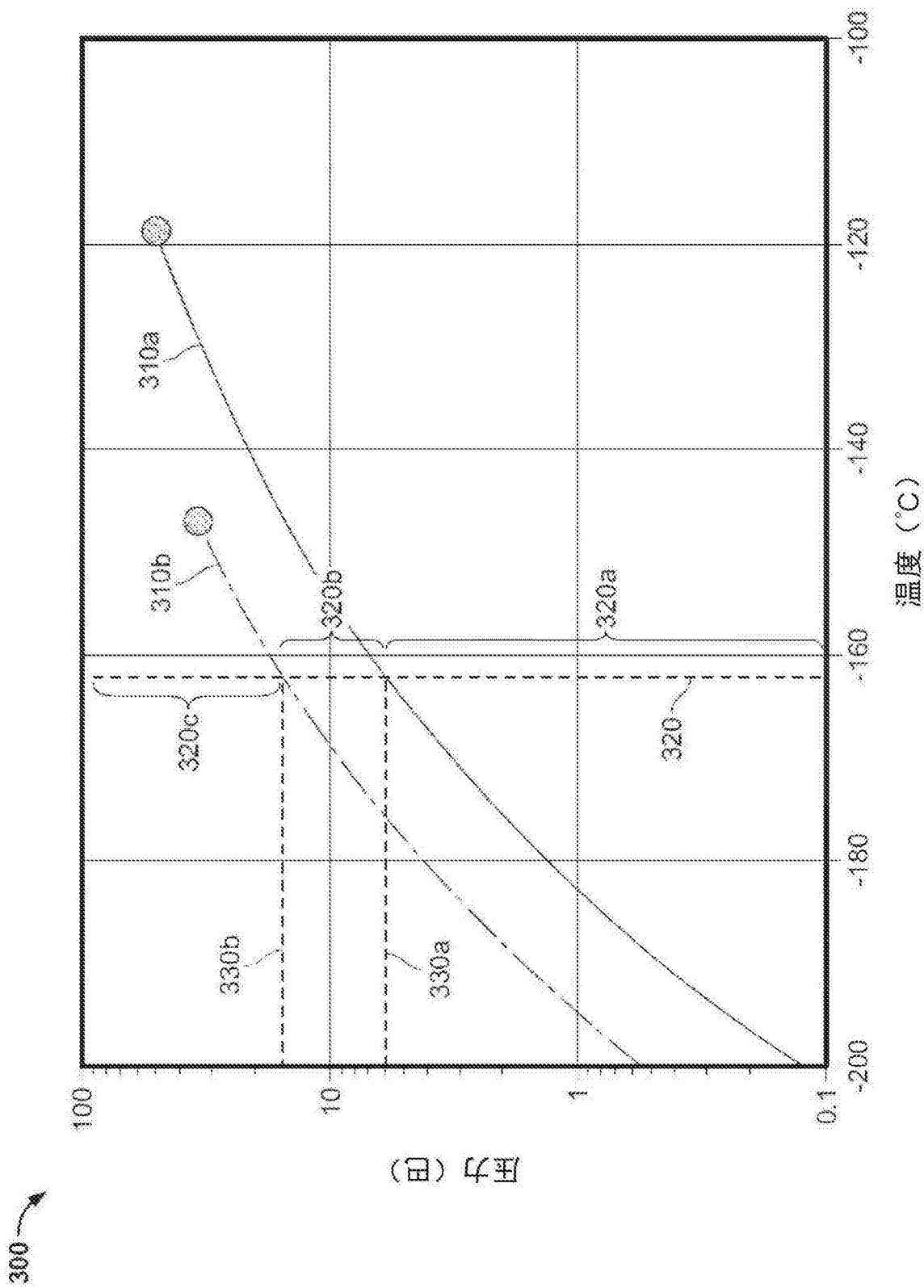


图2

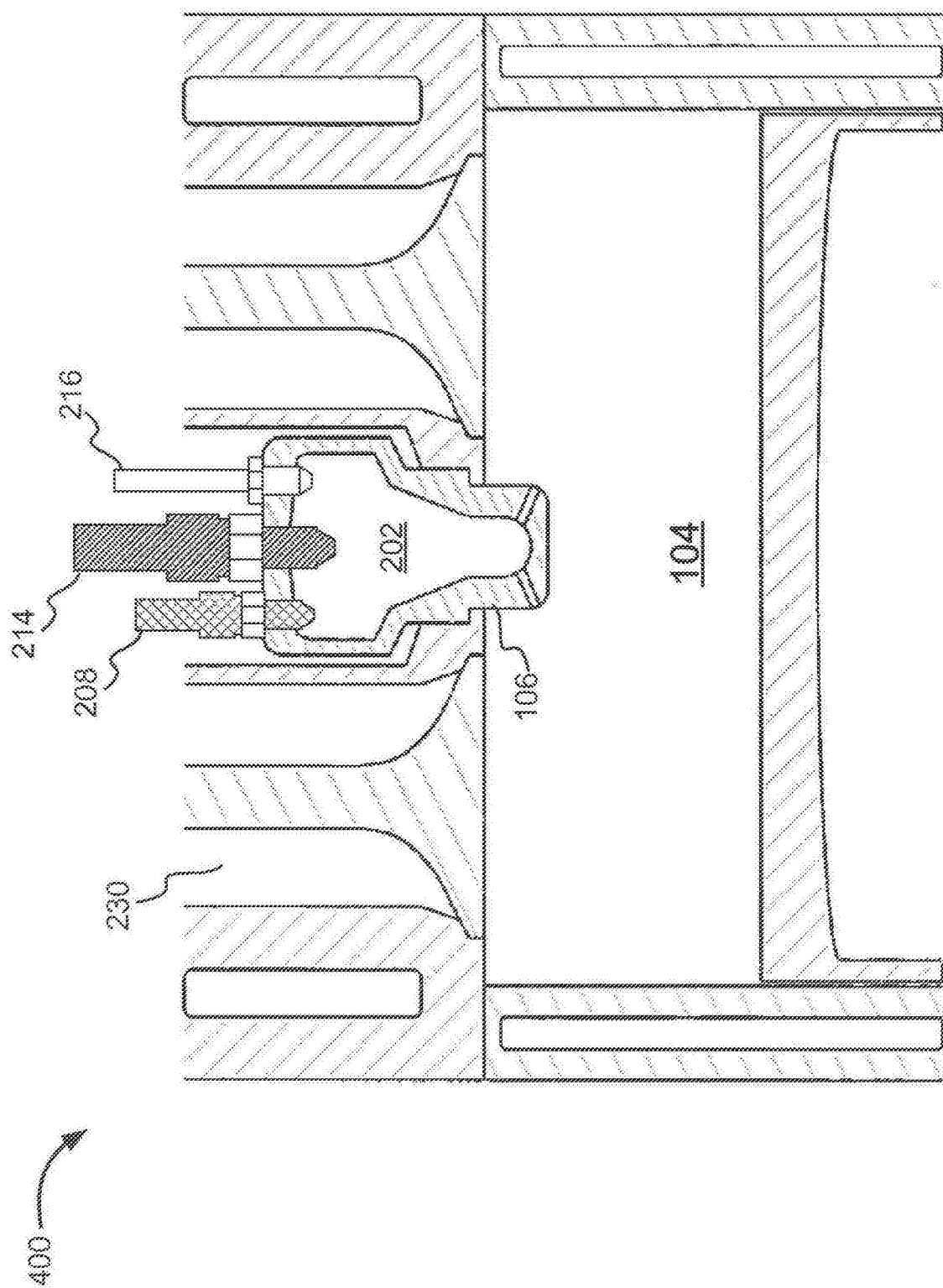


图3A

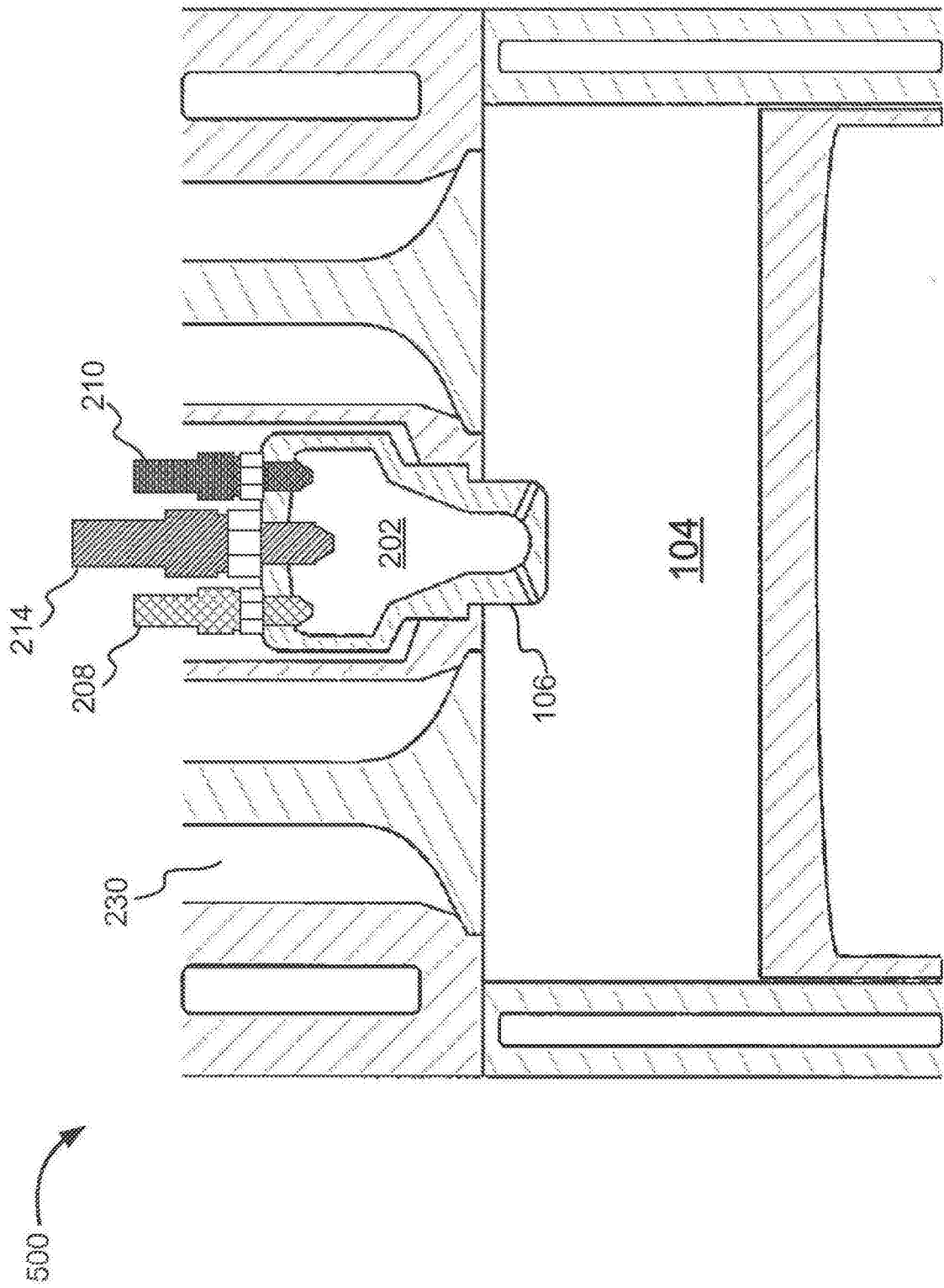


图3B