

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101846317 A

(43) 申请公布日 2010.09.29

(21) 申请号 201010005531.1

(22) 申请日 2010.01.15

(30) 优先权数据

12/354010 2009.01.15 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 G·O·克雷默 J·D·贝里

L·B·小戴维斯 G·C·弗里德里克

A·W·克鲁尔 G·D·迈尔斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 严志军 刘华联

(51) Int. Cl.

F23D 14/00(2006.01)

F23D 14/72(2006.01)

G01J 9/00(2006.01)

G01J 3/28(2006.01)

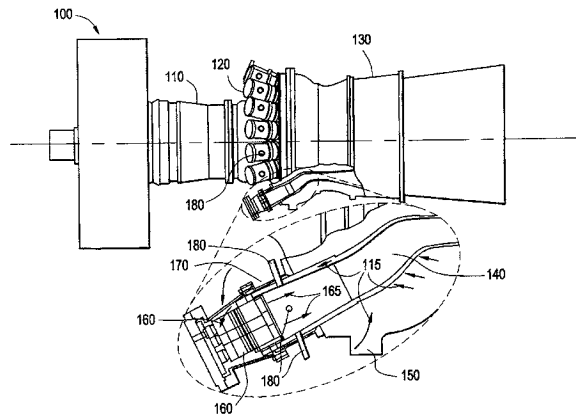
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 6 页

(54) 发明名称

驻焰和回火的光学检测

(57) 摘要

本发明提供了驻焰和回火的光学检测系统和
方法。示范性实施例包括燃烧器(12, 40), 其包括
燃烧器外壳(170) 和火焰检测器(180), 燃烧器
外壳(170) 限定了具有燃烧区域的燃烧室(46,
140), 火焰检测器(180) 设置在燃烧器外壳(170)
上, 并与燃烧室(46, 140) 光学连通, 其中, 各个火
焰检测器(180) 配置成检测与一个或多个燃烧区
域相关的光学属性。



1. 一种燃烧器 (12,40), 包括:
燃烧器外壳 (170), 所述燃烧器外壳 (170) 限定具有多个燃烧区域的燃烧室 (46, 140);
多个火焰检测器 (180), 所述多个火焰检测器 (180) 设置在所述燃烧器外壳 (170) 上, 并与所述燃烧室 (46, 140) 光学连通,
其中, 所述多个火焰检测器 (180) 中的各个配置成检测与所述多个燃烧区域中的一个或多个中的驻焰情况和回火情况中的至少一个相关的光学属性。
2. 根据权利要求 1 所述的燃烧器 (12,40), 其特征在于, 所述光学属性是火焰类型的波长。
3. 根据权利要求 2 所述的燃烧器 (12,40), 其特征在于, 所述火焰类型是碳氢化合物火焰。
4. 根据权利要求 2 所述的燃烧器 (12,40), 其特征在于, 所述火焰类型是烟灰火焰。
5. 根据权利要求 1 所述的燃烧器 (12,40), 其特征在于, 所述多个火焰检测器 (180) 中的一个包括与碳氢化合物火焰光谱响应峰值相接近的光谱响应峰值。
6. 根据权利要求 5 所述的燃烧器 (12,40), 其特征在于, 所述多个火焰检测器 (180) 中的另一个包括与烟灰火焰光谱响应峰值相接近的光谱响应峰值。
7. 根据权利要求 1 所述的燃烧器 (12,40), 其特征在于, 所述多个火焰检测器 (180) 配置成检测多种火焰类型。

驻焰和回火的光学检测

技术领域

[0001] 本文公开的主题涉及燃气涡轮,更具体地说涉及驻焰 (flameholding) 和回火 (flashback) 的光学检测。

背景技术

[0002] 在燃气涡轮中,燃料在一个或多个燃烧器中与由压缩机产生的压缩空气一起燃烧,燃烧器具有一个或多个燃料喷嘴,燃料喷嘴配置成可在定位于燃烧区域 (主燃烧区域) 上游的预混合区域中提供燃料和空气的预混合。当在燃料 / 空气预混合通道中发生驻焰或回火时,可能很快对燃烧器造成损伤。在燃烧器的所需操作期间,预混合的燃料和空气在燃烧区域的燃料 / 空气预混合通道下游燃烧。在驻焰或回火期间,燃料和空气混合物在预混合通道中燃烧。回火情况通常发生在当火焰从主燃烧区域向上游移动到预混合区域中时,其并不支持燃烧反应。结果,对于燃烧系统可能造成严重的损伤,可能造成毁灭性的系统故障和伴随的极大的经济损失。

[0003] 使用离子传感检测器和其它装置,例如热电偶和光导纤维以检测回火是众所周知的。然而,这些检测器只简单地检测火焰的存在,而并不区分燃烧系统中的火焰类型。

[0004] 因此需要提供一种带有火焰检测系统的燃烧器,这种火焰检测系统配置成可区分火焰类型并阻止驻焰或回火事件。

发明内容

[0005] 根据本发明的一个方面,提供了一种燃烧器。这种燃烧器包括燃烧器外壳和火焰检测器,燃烧器外壳限定具有燃烧区域的燃烧室,火焰检测器设置在燃烧器外壳上并与燃烧室光学连通。火焰检测器配置成检测与一个或多个燃烧区域相关的光学属性。

[0006] 根据本发明的另一方面,提供了一种燃气涡轮。这种燃气涡轮包括配置成压缩周围空气的压缩机。燃气涡轮还包括与压缩机流连通的燃烧器,燃烧器配置成接收来自压缩机组件的压缩空气,并燃烧燃料流,以产生燃烧器出口气流。该燃烧器包括燃烧器外壳和火焰检测器,燃烧器外壳限定了具有燃烧区域的燃烧室,火焰检测器设置在燃烧器外壳上并与燃烧室光学连通。火焰检测器配置成检测与一个或多个燃烧区域相关的光学属性。

[0007] 根据本发明的又一方面,提供了一种操作燃烧器的方法。该方法包括将燃料和空气引入到预混合装置中,形成气态预混合物,并在燃烧室中燃烧气态预混合物,从而产生火焰类型。方法还包括监视火焰类型以确定燃烧室中是否存在驻焰。

[0008] 从以下结合附图所做的描述中将使这些以及其它优势和特征更为清楚。

附图说明

[0009] 在说明书的结论部分的权利要求中特别指出并明确声明了与本发明相关的主题。从以下结合附图所作的详细说明中将明晰本发明的前述及其它特征和优势,其中:

[0010] 图 1 是根据示范性实施例的燃气涡轮系统的概略图。

[0011] 图 2 是燃烧器的概略图,该燃烧器具有根据示范性实施例的图 1 的燃气涡轮系统中所采用的预混合装置。

[0012] 图 3 示意性地显示了根据示范性实施例的燃气涡轮 100。

[0013] 图 4 显示了火焰检测器 180 对火焰类型的波长的相对光谱响应的曲线图。

[0014] 图 5 显示了火焰检测器 180 对火焰类型的波长的相对光谱响应的曲线图。

[0015] 图 6 显示了根据示范性实施例的用于操作燃烧器的方法的流程图。

[0016] 图 7 显示了图 3 的燃烧器罐的正视图。

[0017] 以下详细说明将参照附图通过示例解释本发明的实施例以及优势和特征。标号列表:10 燃气涡轮;12 燃烧器;14 压缩机;16 周围空气;18 压缩空气;20 燃料流;22 燃烧器出口气流;24 涡轮;26 发电机;28 轴;40 燃烧器;42 预混合装置;44 气态预混合物;46 燃烧室;48 下游过程;50 旋流叶片;60 火焰检测装置;65 控制器;100 燃气涡轮;110 压缩机;115 压缩空气;120 燃烧器罐;130 涡轮;140 燃烧室;150 扩散器;160 燃料喷嘴;165 燃烧器出口气流;170 外壳;180 火焰检测器;400 曲线图;410 SiC 曲线;420 光谱响应峰值;430 光谱响应曲线;440 光谱响应曲线;500 曲线图;510 曲线;520 检测器光谱响应曲线;530 曲线;540 曲线;550 检测器光谱响应曲线;600 曲线图;610 宽的反应曲线;620 光谱峰值曲线;630 光谱峰值曲线;640 光谱峰值曲线;

具体实施方式

[0018] 在示范性实施例中,本文所述的系统和方法可检测燃气涡轮燃烧器中的驻焰/回火,以抑制对发动机硬件的损伤,并用于任何主动停止驻焰事件的方法。光学火焰检测是在干式低 NO_x (DLN)单元中利用对紫外放射谱线具有响应的检测器来执行的。更近些年来利用的 SiC 固态火焰检测器具有包括对大约 200nm 至 430nm 之间的波长的发光灵敏度的响应性壳层。这与只对大约 250nm 以下的短波长区域起响应的盖革穆勒管(Geiger Muller tube)相反。在大约 300nm 的最强烈的放射是由被激励的 OH 分子产生的,OH 分子是燃烧过程的直接产物。由于 SiC 光电二极管响应性特征,所以其对于燃烧器的热壁的黑体辐射或来自烟灰(soot)的 350 至 450nm 辐射不是非常灵敏。同燃烧之前由于空气和燃料的预混合而引起的火焰(预混合火焰)相比,来自烟灰的过大辐射是扩散火焰的指示。当燃烧发生时,如放射谱线的光学检测指示的那样,燃气涡轮继续以期望的最佳操作条件运转。预混合火焰是需要的,因为它们容许降低点火温度,其对于例如减少利用 DLN 燃烧器的不合适的大气排放是需要的。如果发生驻焰/回火事件,如烟灰放射谱线的光学检测所指示的那样,火焰检测系统可采取动作,例如减少或消除流入到燃烧器中的燃料流,以防止对燃气涡轮造成损伤。因此,在燃料喷嘴中发生驻焰/回火事件期间,可测量来自热烟灰放射或其它更浓火焰种类的额外的光电放射。虽然当前的火焰检测器具有足够宽的反应曲线以检测扩散火焰,但是可分开地检测燃烧(例如 OH 带放射)和烟灰放射的存在的双色或多色检测系统将能够区别火焰的类型。在其它示范性实施例中,本文所述的火焰检测器可检测来自燃料喷嘴的热放射。通过监视来自燃料喷嘴的热放射,系统可确定火焰是否在燃料喷嘴中,因为热放射将指示比燃料喷嘴中所预计的温度更高的温度。例如,指示驻焰/回火的热放射可在旋流叶片、燃烧管、燃料喷嘴的扩散尖端或其它下游构件中测量到。因此,在燃烧器中利用一个或多个彩色检测器对来自驻焰/回火事件的增加的光电放射进行测量,以确定燃料喷

嘴中是否正在发生驻焰 / 回火。来自燃料喷嘴构件的热放射方面的增加可被用于检测燃料喷嘴中的驻焰。

[0019] 如本文详细论述的那样,示范性实施例用于检测燃烧器中(例如燃气涡轮所采用的燃烧器中)增强的驻焰 / 回火。具体地说,示范性实施例包括一种火焰检测系统和方法,其配置成可检测燃气涡轮燃烧室中的驻焰 / 回火,并采取合适的动作以防止对燃气涡轮造成损伤。现在转到附图,并且首先参看图 1,其显示了具有燃烧器 12 的燃气涡轮 10。燃气涡轮 10 包括配置成可压缩周围空气 16 的压缩机 14。燃烧器 12 与压缩机 14 流连通,并配置成从压缩机 14 接收压缩空气 18,并燃烧燃料流 20,以产生燃烧器出口气流 22。另外,燃气涡轮 10 包括位于燃烧器 12 下游的涡轮 24。涡轮 24 配置成可使燃烧器出口气流 22 膨胀以驱动外部负荷例如发电机 26。在所示的实施例中,压缩机 14 由涡轮 24 产生的功率通过轴 28 驱动。燃烧器 12 采用了火焰检测装置,火焰检测装置配置成可检测燃气涡轮燃烧室中的驻焰 / 回火,并采取合适的动作以防止对燃气涡轮 10 的损伤。

[0020] 图 2 是燃烧器 12 的示范性配置 40 的概略图,其具有根据示范性实施例的图 1 的燃气涡轮系统 10 中所采用的火焰检测装置 60。如图所示,燃烧器 40 包括预混合装置 42,其配置成使燃料 20 和空气 18 混合以形成气态预混合物 44。此外,燃烧器 40 包括燃烧室 46,燃烧室 46 配置成可燃烧预混合燃料 44 以形成燃烧器出口气流 22。此外,燃烧器出口气流 22 被引导到下游过程 48 例如涡轮 24(见图 1)中,用于驱动外部负荷 26(见图 1)。预混合装置 42 还可包括多个旋流叶片 50,旋流叶片 50 配置成可为燃料 20 和 / 或空气 18 提供旋流运动,以促进燃料 20 和空气 18 的混合。在示范性实施例中,燃烧器 40 还包括火焰检测装置 60,火焰检测装置 60 可联接在预混合装置 42 和燃烧室 46 的任一个或这两者上,并与之连通。应该懂得当火焰检测装置 60 配置成可检测烟灰的产生和扩散火焰时(其由燃烧室中具有特殊光学属性的火焰来证明),火焰检测装置联接在燃烧室 46 上并与之光学连通。然而,如果火焰检测装置 60 配置成检测来自燃料喷嘴硬件表面的热放射时,那么火焰检测装置 60 联接在预混合装置上并与之光学连通,靠近待检测的燃料喷嘴硬件附近。燃烧器 40 还可包括联接在火焰检测装置 60 上的控制单元 65。控制单元 65 配置成接收来自火焰检测装置的信号,该信号与存在于燃烧室 46 中的火焰类型相对应。控制单元 65 还与空气 18 及燃料 20 的源连通。如这里进一步所述,如果控制单元 65 接收到指示燃烧室 46 中存在驻焰 / 回火的信号,那么控制单元 65 可采取合适的动作以减轻对燃气涡轮造成的损伤。控制单元 65 可采取的合适的动作包括停止流向燃烧室的燃料和空气,或者对空气和燃料流量做出某些修改以减少或消除驻焰 / 回火。

[0021] 图 3 示意性地显示了燃气涡轮 100 的一个示例,其包括多个根据示范性实施例的火焰检测器 180。燃气涡轮的示例显示了联接在燃气涡轮的燃烧室 140 上并与之光学连通的火焰检测器,其配置成可检测燃烧室 140 中若干火焰类型的波长。

[0022] 类似于图 1,燃气涡轮 100 包括配置成压缩周围空气的压缩机 110。一个或多个燃烧器罐 120 通过扩散器 150 而与压缩机 110 流连通。燃烧器罐 120 配置成从压缩机 110 接收压缩空气 115,并燃烧来自燃料喷嘴 160 的燃料流,以产生通过燃烧室 140 而向涡轮 130 移动的燃烧器出口气流 165。涡轮 130 配置成可使燃烧器出口气流 165 膨胀以驱动外部负荷。燃烧器罐 120 包括外壳 170,其包括一系列固定在外壳 170 上的火焰检测器 180。火焰检测器 180 联接到燃烧室 140 及燃烧器出口气流 165 并与之光学连通。

[0023] 在示范性实施例中,系列火焰检测器 180 各配置成检测特殊的波长。因此,燃烧器罐 120 包括多个配置成检测多个波长的光电放射的火焰检测器。例如,如图所示,燃烧器罐 120 可各包括三个火焰检测器 180。一个检测器包括峰值最靠近碳氢化合物火焰波长(大约 306nm)的光谱响应。第二检测器可包括峰值最靠近来自扩散的烟灰波长(大约 380nm)的光谱响应。第三检测器可包括峰值最靠近预混合燃料和非预混合燃料在不合适的燃烧区域中的由 CO-O 再化合反应产生的烟灰的波长(大约 400nm)的光谱响应。然而,应该懂得,因为来自扩散的烟灰和来自不合适的预混合燃烧的烟灰的波长是彼此相对接近的,所以具有光谱响应峰值在 350nm 至 450nm 大致区域内的单个检测器可被实现用于产生这两种烟灰类型的驻焰/回火事件。因此,系列火焰检测器 180 中的各个可包括峰值在不同波长下的光谱响应。

[0024] 应该懂得,可以各种方式配置火焰检测器 180,使其配置成检测多个火焰类型的多个波长,从而区分火焰类型。众所周知光学检测器(例如光电二极管)的光谱响应主要由光学检测器中所使用的材料的带隙电压来确定。SiC 具有 3.1 伏的带隙电压,并且具有峰值大约在 270nm 的光谱响应,并且具有大约 400nm 的波长极限。SiC 检测器当前用于检测燃气涡轮的燃烧室中的火焰。

[0025] 图 4 显示了火焰放射的相对光谱特性对各种火焰类型的波长的曲线图 400。图中显示了 SiC 响应曲线 410。图中还显示了预混合的碳氢化合物火焰的放射特性曲线 420,其中预期的 OH⁻ 放射光谱峰值在大约 306nm。目前, SiC 检测器实现为用于检测碳氢化合物火焰,其适合于检测该火焰。然而应该懂得,相对光谱响应大约为 306nm 的最大值的 70%。对于当前系统,70%的相对光谱响应对于简单的碳氢化合物火焰检测是可接受的。图 4 进一步显示了由扩散火焰产生的烟灰的光谱放射曲线 430 以及由于预混合燃料在燃烧室 140 中燃烧而引起的烟灰的光谱曲线 440(见图 3),其基于典型的预混合燃烧器的火焰温度。应该懂得,光谱强度对特性波长会依据局部火焰温度而变化 and 移动。因此,图 4 示例中所述的光谱特性是说明性的,并且在其它示范性实施例中可设想其它光谱特性。还应该懂得,目前实现的 SiC 检测器对于 380nm 至 400nm 之间的波长具有较低的光谱响应性,该波长如上所述分别与扩散烟灰和预混合烟灰的火焰光学放射强度相关联。在示范性实施例中,第一检测器 180 可包括发生在或靠近碳氢化合物火焰波长的光谱峰值(大约 306nm)的光谱响应,并可联接在燃烧室 140 上。第二检测器 180 可包括发生在或靠近由于扩散烟灰引起的火焰的波长峰值(大约 380nm)的光谱响应。第三检测器 180 可包括发生在或靠近由于预混合烟灰引起的火焰的波长峰值(大约 400nm)的光谱响应。如上面论述的那样,因为由于扩散和预混合烟灰火焰所引起的放射光谱相对较接近,所以可实现单个检测器,该检测器具有发生在或靠近这两种烟灰火焰的平均峰值的光谱峰值。应该懂得,因为烟灰火焰的光谱峰值的波长都比碳氢化合物火焰的峰值波长更长,所以利用现有的或改进的检测器可将碳氢化合物火焰与烟灰火焰充分地分开来。在示范性实施例中,检测器 180 的材料可被制造成(例如通过材料的掺杂来调整带隙电压)使得光谱峰值发生在最靠近相应火焰类型的光谱峰值。此外,材料可进一步被制造为使波长上限和波长下限更靠近光谱峰值,这产生了在相应的火焰类型的波长的光谱峰值下的狭窄的峰值。应该懂得,还可进一步改进 SiC 检测器(例如通过掺杂),以使 SiC 检测器的光谱峰值更接近 306nm,以便更好地与碳氢化合物火焰的光谱峰值相对应。

[0026] 图 5 显示了用于实现本文所述目的的火焰检测器 180 的相对光谱响应对波长的曲线图 500。在曲线图 500 中,由曲线 510 显示了 SiC 火焰检测器 180 的第一检测器光谱响应,其被改进为具有与碳氢化合物火焰中的 OH 光谱峰值(例如 306nm)相重叠的光谱响应性。而且,第二检测器光谱响应曲线 550 对应于火焰检测器 180,火焰检测器 180 已经配置成具有与扩散烟灰和预混合烟灰的其中一个或这两者的热放射光谱峰值相对应的光谱峰值,如曲线 530 和 540 所示(分别大约为 380nm 和 400nm)。在这个示例中,向应曲线 510 具有大约 250nm 的下限和大约 360nm 的上限。响应曲线 550 具有大约 340nm 的下限和大约 450nm 的上限。各个检测器响应曲线 510,550 均具有大约 100nm 的宽度。所示下限和上限以及宽度显示了火焰检测器 180 的光谱响应对于各个单独的火焰类型几乎没有重叠或没有重叠。因此,配置成检测碳氢化合物火焰的检测器在针对烟灰火焰的光谱区域几乎没有响应或没有响应。类似地,配置成检测烟灰火焰的检测器在针对碳氢化合物火焰的光谱区域几乎没有响应或没有响应。应该懂得,上述上限和下限以及宽度仅用于说明性的目的,并且在其它示范性实施例中可设想其它下限和上限以及宽度。

[0027] 在示范性实施例中,火焰检测器 180 可具有单一材料类型,其具有针对碳氢化合物火焰的光谱峰值以下的下限和针对烟灰火焰的光谱峰值以上的上限。这样可实现单一检测器类型以检测两种火焰类型。单独的火焰检测器还可包括光学过滤器,使得用于碳氢化合物火焰的火焰检测器可过滤针对烟灰火焰的波长,并且用于烟灰火焰的火焰检测器可过滤针对碳氢化合物火焰的波长。例如,通过将光学带通过滤器放置在 SiC 光电二极管片上或作为层放置在 SiC 光电二极管封装件的光学窗口上从而可实现第一检测器的响应性(510)。使用 SiC 的优势是其对于大约 380nm 以上的波长已经相对无响应,这使得过滤器相对容易设计和实现。对于具有响应性 550 的检测器的一种选择是硅光电二极管,该硅光电二极管被覆盖有磷光体以增加其在紫光和靠近紫外区域的灵敏度。然而,硅光电二极管具有延伸到远至红外区域(1000nm)的较低波长的响应性,使得黑体和可见辐射可以很容易地屏蔽它。实现响应性 550 所需要的带通过滤器因此将难以设计和制造。备选方法将使用连接到 CCD 分光计上的光纤。这种装置将扫描 250 至 450nm 的整个放射光谱,并且信号处理软件程序将对上述两个光谱区域之间的信号强度实现快速且连续的扫描。

[0028] 在示范性实施例中,控制单元 65 可检测来自多个检测器(例如火焰检测器 180)的信号响应,并执行表决算法以确定由控制单元 65 响应于驻焰/回火情况所采取的动作类型。例如,如果三个检测器 180 中的两个确定存在回火情况,那么控制单元 65 可切断或减少流向燃烧器罐 120 的燃料。类似地,如果只有一个火焰检测器 180 检测到回火,那么控制单元 65 可确定继续供应燃料,直至火焰检测器 180 得到另一读数。此外,在与火焰检测器 180 相对应的壳中可放置多个检测器元件。多个检测器元件可以是多路传输的,以便集聚燃烧器罐 120 中所检测的信号。以这种方式,可采用集聚信号以确定表决算法的结果。

[0029] 图 6 显示了根据示范性实施例用于操作燃烧器的方法的流程图。在框 705 中,燃料喷嘴(例如图 3 的 160)将燃料引入到预混合装置(例如图 2 的 42)中,并且压缩机(例如图 3 的 110)将空气引入到预混合装置中。在框 710 中,预混合装置形成气态预混合物。在框 715 中,燃烧器(例如图 3 的燃烧器罐 120)在燃烧室(例如图 3 的 140)中燃烧预混合物。在框 720 中,监视燃烧室中的火焰类型。在框 725 中,火焰检测器可监视燃烧室中的火焰类型的光谱峰值。如果火焰检测器检测到与烟灰火焰相对应的光谱峰值,那么在框 730

中,控制器可修改流入预混合装置中的燃料流量或采取本文所述的其它合适的动作。如果火焰探测器没有检测到与烟灰火焰相对应的光谱峰值或仅检测到正常的碳氢化合物火焰,那么过程可继续至框 705。

[0030] 上面已经描述了用于在燃烧器罐 120 的燃烧室 140 中检测驻焰 / 回火的示范性实施例。如本文所述,还可实现示范性实施例以检测来自燃料喷嘴 160 的热放射。通过监视来自燃料喷嘴 160 的热放射,系统可确定燃料喷嘴 160 中是否存在火焰,因为热放射将指示比燃料喷嘴 160 中所预计的温度更高的温度。例如,在旋流叶片、燃烧管或燃料喷嘴 160 的扩散尖端或其它下游构件中可测量到指示驻焰 / 回火的热放射。因此,在燃烧器罐 120 中可利用一个或多个彩色检测器(例如火焰探测器 180)对来自驻焰 / 回火的增加的光电放射进行测量,以确定燃料喷嘴 160 中是否正在发生驻焰 / 回火。来自燃料喷嘴 160 构件的热放射方面的增加可被用于检测燃料喷嘴 160 中的驻焰。在一个示例中,燃烧可能发生在燃料喷嘴 160 的内部。结果可能是来自燃料喷嘴构件的烟灰的光热辐射或热放射,这些燃料喷嘴构件暴露于热焰下,并且将辐射出超预期的热放射。在示范性实施例中,如上所述,可将火焰探测器 180 定向在燃料喷嘴 160 附近,以便检测来自燃料喷嘴 160 的热放射。控制单元 65(见图 2)然后可接收来自火焰探测器 80 的信号并采取合适的动作。例如,控制单元 65 可执行三角测量以便甚至检测位置,并有助于根本原因分析。图 7 显示了图 3 的燃烧器罐的正视图。火焰探测器 180 定向在燃料喷嘴 160 或燃料喷嘴回路附近。来自预混合回路的燃料可全部或部分地再定向到另一燃料回路、排放回路或未使用的燃料回路,例如扩散火焰回路。此外,火焰探测器 180 被间隔开,使得各个火焰探测器 180 与燃料喷嘴 160 中的一个共享一条视线。因此,如果火焰探测器中的两个指示存在驻焰 / 回火事件,那么控制单元 65 因而知道哪个燃料喷嘴 160 受到影响。这样,控制器可有选择地减少流向受影响的燃料喷嘴 160 的燃料或切断燃料。应该懂得,当控制单元 65 只对单个燃料喷嘴 160 起作用时,燃烧器罐 120 可能承受最小的破坏。因此,在下次预定的停机期间可维修受影响的燃料喷嘴 160。应该懂得,三角测量只是在驻焰 / 回火事件期间如何实现火焰探测器 180 以检测来自燃料喷嘴 160 的热放射的一个示例。在其它示范性实施例中可设想其它检测实现。

[0031] 虽然已经结合仅仅有限数量的实施例详细描述了本发明,但是应该懂得,本发明并不局限于这种公开的实施例。相反,可修改本发明以包含至此还未描述过的但与本发明的精神和范围相称的许多变体、改型、替代或等效装置。另外,虽然已经描述了本发明的各种实施例,但是应该懂得本发明的方面可只包括所述实施例中的一些。因此,本发明不应被视为局限于前面的描述,而仅由权利要求的范围来限制。

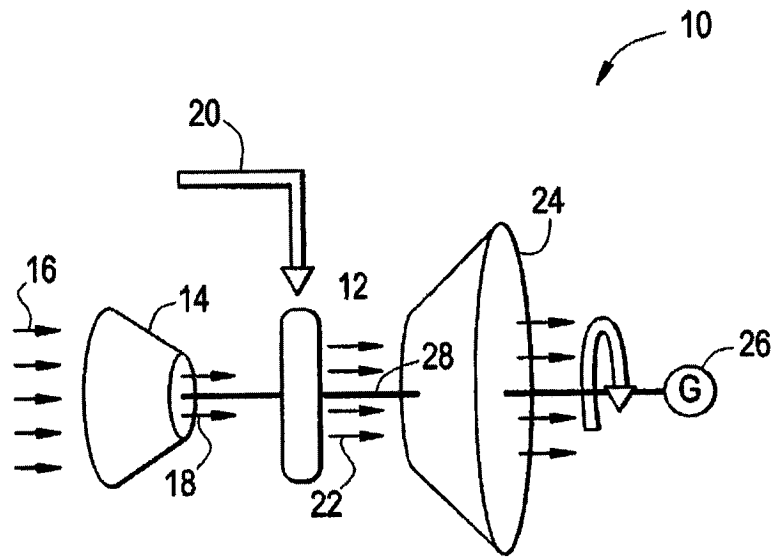


图 1

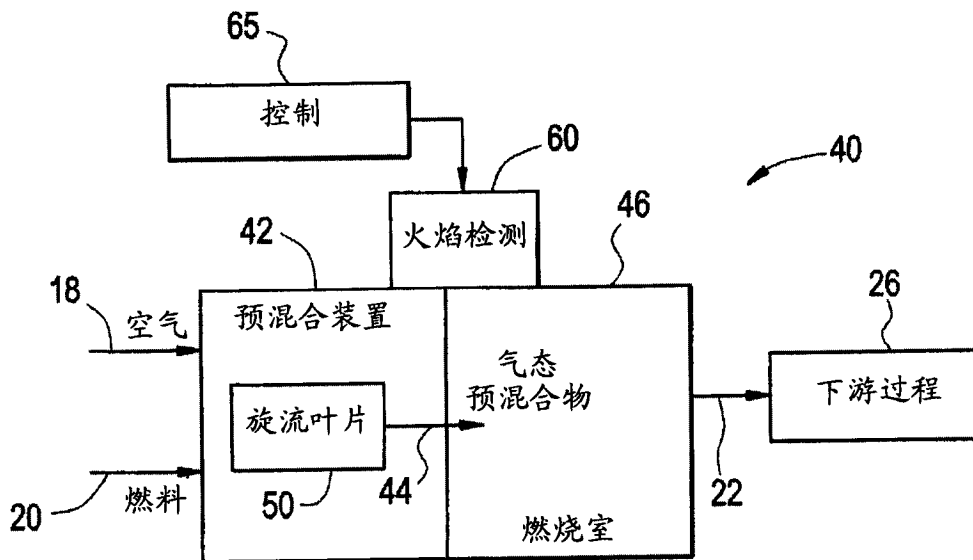


图 2

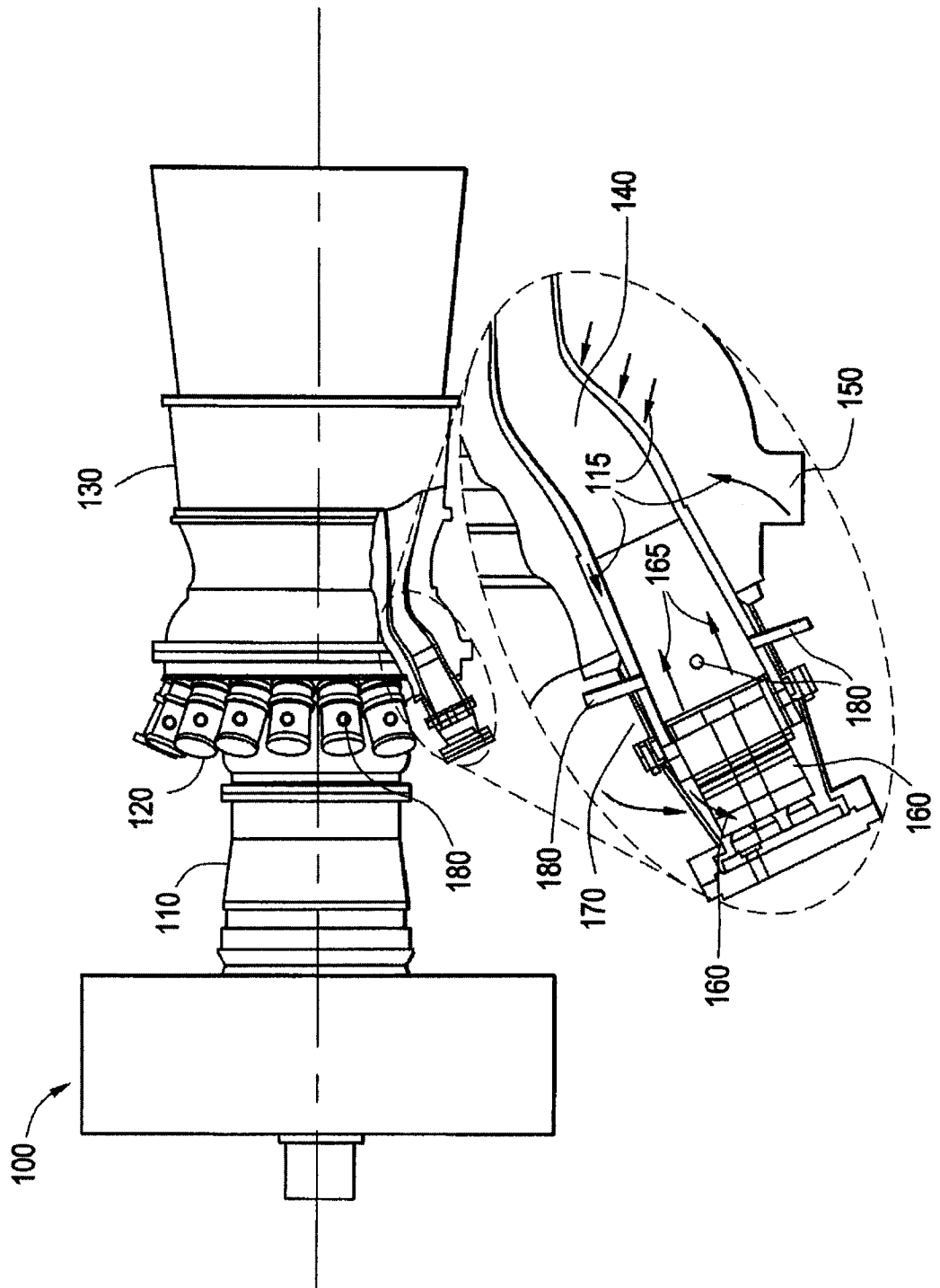


图 3

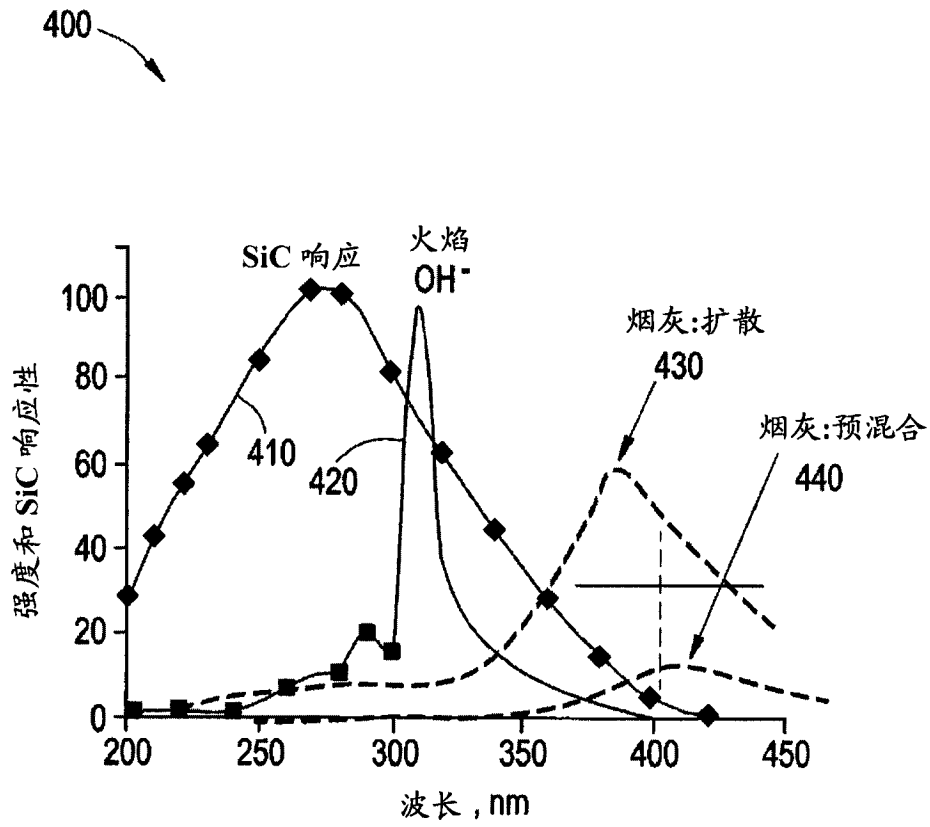


图 4

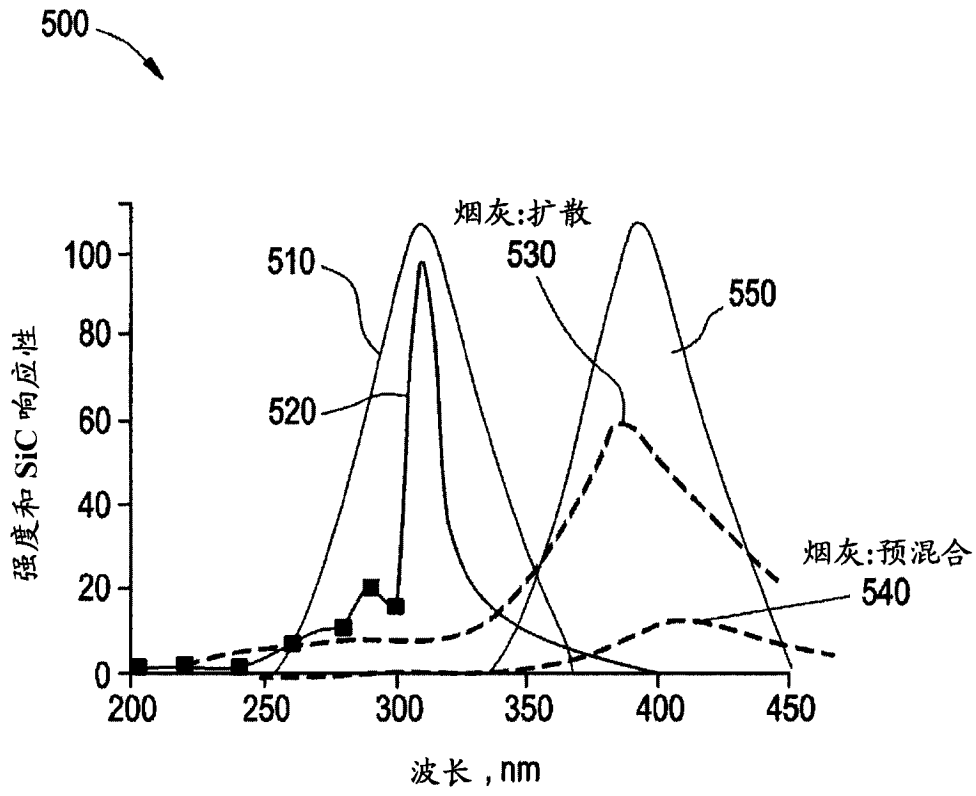


图 5

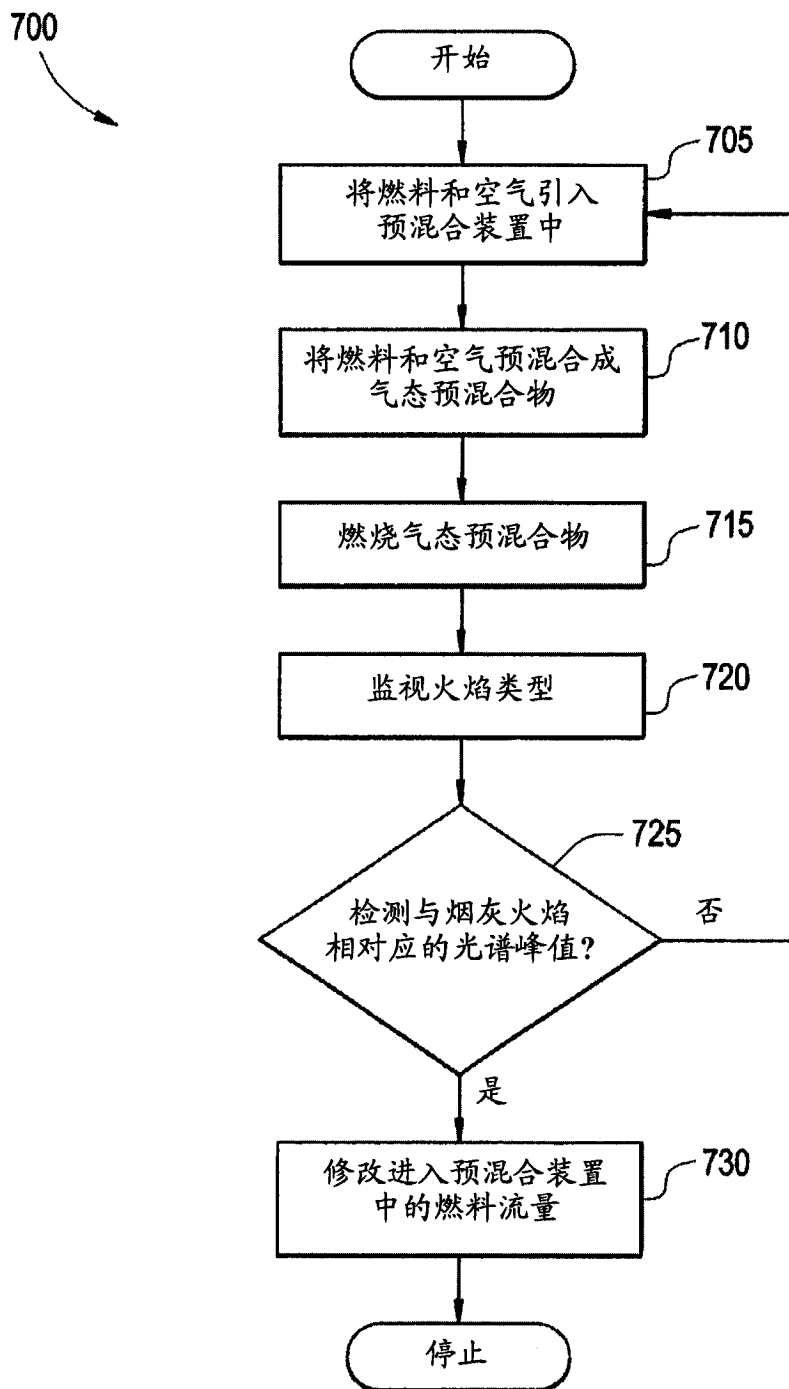


图 6

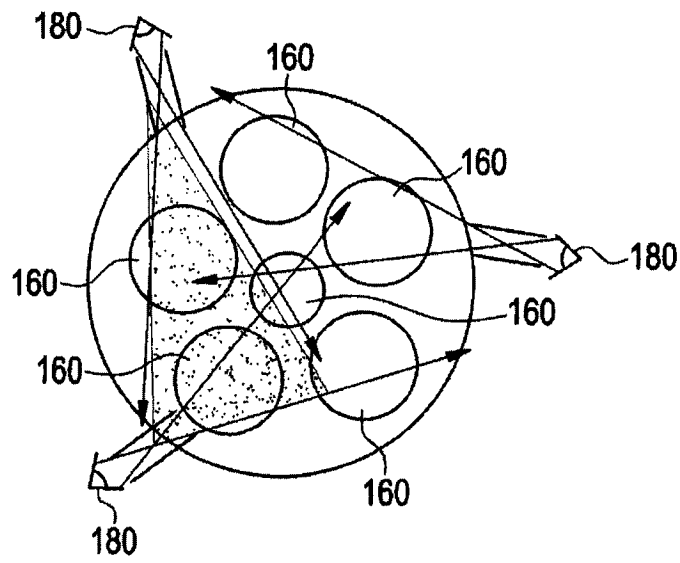


图 7