



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103620307 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 12

(21) 申请号 201280030030. 6

(22) 申请日 2012. 06. 28

(30) 优先权数据

2011-151310 2011. 07. 07 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 12. 18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/066596 2012. 06. 28

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/005651 JA 2013. 01. 10

(73) 专利权人 三菱日立电力系统株式会社

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 赤松真儿 岸田宏明 佐藤贤治

德山剑太郎 松山敬介 高岛崇嘉

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 苏卉 车文

(51) Int. Cl.

F23R 3/16(2006. 01)

F23R 3/42(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1551965 A, 2004. 12. 01, 说明书具体实施方式、附图 1-4.

JP 3930252 B2, 2007. 06. 13, 全文.

US 2003233831 A1, 2003. 12. 25, 全文.

EP 0576717 A1, 1994. 01. 05, 全文.

审查员 王玲

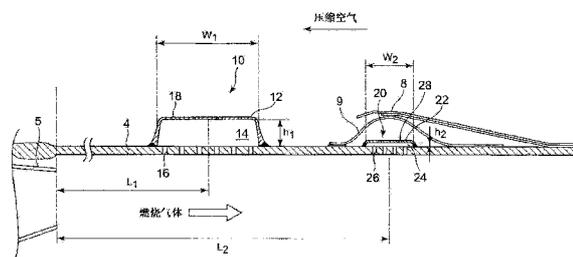
权利要求书3页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

燃气轮机燃烧器

(57) 摘要

本发明提供一种燃气轮机燃烧器,具备内部流有从喷嘴喷射的燃料进行燃烧而生成的燃烧气体的内筒和安装在该内筒的外表面的第一共振装置及第二共振装置。第二共振装置比第一共振装置靠燃烧气体流向的下游侧,使频率高于第一共振装置的燃烧振动进行衰减。第一共振装置和第二共振装置是具有安装在内筒的外表面的壳体的音响套筒。由壳体与内筒的外表面包围的共振空间经由形成于内筒的多个音响孔与内筒的内部空间连通。



CN 103620307 B

1. 一种燃气轮机燃烧器, 具备:

内筒, 内部流有从至少一个喷嘴喷射的燃料进行燃烧而生成燃烧气体;

第一共振装置, 安装在所述内筒的外表面上; 及

第二共振装置, 以比所述第一共振装置靠燃烧气体流向的下游侧的方式安装在所述内筒的外表面上, 使频率高于所述第一共振装置的燃烧振动进行衰减,

所述第一共振装置和所述第二共振装置是具有安装在所述内筒的外表面上的壳体的音响套筒,

由所述壳体和所述内筒的外表面包围的共振空间经由形成在所述内筒上的多个音响孔而与所述内筒的内部空间连通,

所述燃气轮机燃烧器的特征在于, 所述第二共振装置的共振空间的高度比所述第一共振装置的共振空间的高度低。

2. 一种燃气轮机燃烧器, 具备:

内筒, 内部流有从至少一个喷嘴喷射的燃料进行燃烧而生成燃烧气体;

第一共振装置, 安装在所述内筒的外表面上; 及

第二共振装置, 以比所述第一共振装置靠燃烧气体流向的下游侧的方式安装在所述内筒的外表面上, 使频率高于所述第一共振装置的燃烧振动进行衰减,

所述第一共振装置和所述第二共振装置是具有安装在所述内筒的外表面上的壳体的音响套筒,

由所述壳体和所述内筒的外表面包围的共振空间经由形成在所述内筒上的多个音响孔而与所述内筒的内部空间连通,

所述燃气轮机燃烧器的特征在于,

所述燃气轮机燃烧器还具备:

尾筒, 以上游侧端部与所述内筒的下游侧端部的外周侧重叠的方式设置, 将由所述内筒生成的所述燃烧气体向涡轮机引导;

弹簧夹片, 通过弹力将所述尾筒的所述上游侧端部和所述内筒的所述下游侧端部连接; 及

弹性卡环, 将所述弹簧夹片按压在所述尾筒的所述上游侧端部侧,

在由所述弹性卡环和所述内筒的所述下游侧端部的外表面包围的空间中收纳所述第二共振装置。

3. 一种燃气轮机燃烧器, 具备:

内筒, 内部流有从至少一个喷嘴喷射的燃料进行燃烧而生成燃烧气体;

第一共振装置, 安装在所述内筒的外表面上; 及

第二共振装置, 以比所述第一共振装置靠燃烧气体流向的下游侧的方式安装在所述内筒的外表面上, 使频率高于所述第一共振装置的燃烧振动进行衰减,

所述第一共振装置和所述第二共振装置是具有安装在所述内筒的外表面上的壳体的音响套筒,

由所述壳体和所述内筒的外表面包围的共振空间经由形成在所述内筒上的多个音响孔而与所述内筒的内部空间连通,

所述燃气轮机燃烧器的特征在于,

所述第二共振装置的共振空间的高度比所述第一共振装置的共振空间的高度低，  
所述燃气轮机燃烧器还具备：

尾筒，以上游侧端部与所述内筒的下游侧端部的外周侧重叠的方式设置，将由所述内筒生成的所述燃烧气体向涡轮机引导；

弹簧夹片，通过弹力将所述尾筒的所述上游侧端部和所述内筒的所述下游侧端部连接；及

弹性卡环，将所述弹簧夹片按压在所述尾筒的所述上游侧端部侧，

在由所述弹性卡环和所述内筒的所述下游侧端部的外表面包围的空间中收纳所述第二共振装置。

4. 一种燃气轮机燃烧器，具备：

内筒，内部流有从至少一个喷嘴喷射的燃料进行燃烧而生成燃烧气体；

第一共振装置，安装在所述内筒的外表面上；及

第二共振装置，以比所述第一共振装置靠燃烧气体流向的下游侧的方式安装在所述内筒的外表面上，使频率高于所述第一共振装置的燃烧振动进行衰减，

所述第一共振装置和所述第二共振装置是具有安装在所述内筒的外表面上的壳体的音响套筒，

由所述壳体和所述内筒的外表面包围的共振空间经由形成在所述内筒上的多个音响孔而与所述内筒的内部空间连通，

所述燃气轮机燃烧器的特征在于，

所述至少一个喷嘴包含设于所述内筒的中心轴上的先导喷嘴和设于该先导喷嘴的外周的多个主喷嘴，

设所述第二共振装置的安装位置处的所述内筒的直径为  $D_2$ 、从包围所述主喷嘴的主喷嘴外筒的尾流端部到所述第二共振装置的安装位置的距离为  $L_2$ ，则关系式  $0.8 \leq L_2/D_2 \leq 1.1$  成立。

5. 一种燃气轮机燃烧器，具备：

内筒，内部流有从至少一个喷嘴喷射的燃料进行燃烧而生成燃烧气体；

第一共振装置，安装在所述内筒的外表面上；及

第二共振装置，以比所述第一共振装置靠燃烧气体流向的下游侧的方式安装在所述内筒的外表面上，使频率高于所述第一共振装置的燃烧振动进行衰减，

所述第一共振装置和所述第二共振装置是具有安装在所述内筒的外表面上的壳体的音响套筒，

由所述壳体和所述内筒的外表面包围的共振空间经由形成在所述内筒上的多个音响孔而与所述内筒的内部空间连通，

所述燃气轮机燃烧器的特征在于，

设所述第二共振装置的安装位置处的所述内筒的直径为  $D_2$ 、所述内筒的长度方向上的所述第二共振装置的共振空间的宽度为  $W_2$ ，则关系式  $0.05 \leq W_2/D_2 \leq 0.3$  成立。

6. 一种燃气轮机燃烧器，具备：

内筒，内部流有从至少一个喷嘴喷射的燃料进行燃烧而生成燃烧气体；

第一共振装置，安装在所述内筒的外表面上；及

第二共振装置,以比所述第一共振装置靠燃烧气体流向的下游侧的方式安装在所述内筒的外表面上,使频率高于所述第一共振装置的燃烧振动进行衰减,

所述第一共振装置和所述第二共振装置是具有安装在所述内筒的外表面上的壳体的音响套筒,

由所述壳体和所述内筒的外表面包围的共振空间经由形成在所述内筒上的多个音响孔而与所述内筒的内部空间连通,

所述燃气轮机燃烧器的特征在于,

设所述第二共振装置的安装位置处的所述内筒的直径为  $D_2$ 、所述第二共振装置的共振空间的高度为  $h_2$ ,则关系式  $0.005 \leq h_2/D_2 \leq 0.02$  成立。

## 燃气轮机燃烧器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种使燃料燃烧而生成燃烧气体的燃气轮机燃烧器。

### 背景技术

[0002] 以往,已知有为了抑制燃烧振动而将被称作音响套筒(音響ライナ)的共振装置安装在燃烧器内筒的外周上的燃气轮机燃烧器。

[0003] 例如,专利文献1中公开了如下燃气轮机燃烧器:将具有空洞(共振空间)的音响套筒安装在燃烧器筒体的外周,使该空洞与形成在燃烧器筒体上的吸音孔(音响孔)连通。另外,还公开了从有效抑制燃烧振动的观点出发,在燃烧区域的附近、即火焰的附近配置吸音孔和音响套筒的方案(参照第0011段)。

[0004] 另一方面,已知安装有多个共振装置的燃气轮机燃烧器。

[0005] 例如,在专利文献2和3中记载了在燃烧筒的燃烧气体的流动方向上安装两个音响套筒的燃气轮机燃烧器(参照专利文献2的图1和专利文献3的图2)。另外,在专利文献4中记载有在燃烧筒上安装了音响套筒和与该音响套筒连接的音响减振器的燃气轮机燃烧器(参照图6)。另外,在专利文献5中记载有在尾筒上安装了多个由音响套筒和与其连接的音响减振器构成的衰减装置的燃气轮机燃烧器(参照图17)。

[0006] 专利文献1:日本特开2002-174427号公报

[0007] 专利文献2:日本特开2006-97981号公报

[0008] 专利文献3:日本特开2008-20095号公报

[0009] 专利文献4:日本特开2007-132640号公报

[0010] 专利文献5:日本特开2006-266671号公报

### 发明内容

[0011] 然而,以往认为,只要将一个能够抑制较宽频率范围(例如1.5~5kHz程度)的燃烧振动的音响套筒安装在燃烧器内筒上就能够充分消除因燃烧振动而产生声响等问题。

[0012] 但是,本发明人刻苦研究后确认了,根据燃气轮机的运转条件不同,也会产生上述音响套筒的频带之外的特定高频(例如5.5kHz左右)的燃烧振动。认为这是因为,由于燃气轮机的运转条件(负载大小)并非始终恒定,所以形成在燃烧器内筒的内部空间中的火焰的长度会变动,燃烧振动的特性会随着该火焰的长度而变化。并且,通过本发明人的进一步研究而得知,上述特定高频的燃烧振动是在以下时候引起的:与能够由上述音响套筒抑制的频带所对应的火焰位置相比,火焰位置向燃烧气体流向的下游侧偏移,并且在燃烧器内筒的壁面附近发生了燃烧。

[0013] 因此,参考专利文献1所公开的内容,可以考虑为,要将音响套筒配置在燃烧区域(火焰)的附近,则与以往相比将音响套筒的宽度设置得较宽,将音响套筒的设置区域扩大至与上述特定高频的燃烧振动对应的火焰位置。

[0014] 但是,若扩大音响套筒的宽度,则相应地设于音响套筒的壳体上的通气孔的数量

增加,压缩空气经由通气孔向壳体流入量增加,导致用于燃烧的压缩空气的量减少。

[0015] 另一方面,在专利文献2~5中虽然公开了安装两个共振装置,但是并没有公开将各共振装置以何种位置关系进行配置,来同时有效地抑制上述特定高频的燃烧振动。

[0016] 本发明的至少一实施方式是鉴于上述情况而研发的,其目的在于提供一种能够抑制燃烧用的压缩空气的供给量下降并能够降低高频的燃烧振动的燃气轮机燃烧器。

[0017] 本发明的至少一实施方式的燃气轮机燃烧器的特征在于,具备:内筒,内部流有从至少一个喷嘴喷射的燃料进行燃烧而生成的燃烧气体;第一共振装置,安装在上述内筒的外表面上;及第二共振装置,以比上述第一共振装置靠燃烧气体流向的下游侧的方式安装在上述内筒的外表面上,使频率高于上述第一共振装置的燃烧振动进行衰减,上述第一共振装置和上述第二共振装置是具有安装在上述内筒的外表面上的壳体的音响套筒,由上述壳体和上述内筒的外表面包围的共振空间经由形成在上述内筒上的多个音响孔而与上述内筒的内部空间连通。

[0018] 在上述燃气轮机燃烧器中,由于除了第一共振装置外,还设置有使频率高于第一共振装置的燃烧振动进行衰减的第二共振装置,所以能够由第二共振装置使第一共振装置的频带之外的特定高频的燃烧振动进行衰减。而且,由于将第二共振装置配置得比第一共振装置靠燃烧气体流向的下游侧,所以第二共振装置靠近产生第一共振装置的频带之外的特定高频的燃烧振动时的火焰位置,第二共振装置使上述高频的燃烧振动衰减的效果增大。另外,由于不是仅使用一个宽度较宽的共振装置而是使用第一共振装置和第二共振装置,所以能够抑制共振装置的设置区域的增加,能够将共振装置通常具有的通气孔的数量设成最小限度,防止燃烧用的压缩空气的供给量下降。

[0019] 在若干实施方式中,上述第二共振装置的共振空间的高度比上述第一共振装置的共振空间的高度低。

[0020] 这样一来,通过相对减小第二共振装置的共振空间的高度,能够利用第二共振装置有效地使高频的燃烧振动进行衰减。另外,使第二共振装置紧凑化,第二共振装置的布局变得容易。

[0021] 上述燃气轮机燃烧器也可以是:还具备:尾筒,以其上游侧端部(尾筒的上游侧端部)与上述内筒的下游侧端部的外周侧重叠的方式设置,将由上述内筒生成的上述燃烧气体向涡轮机引导;弹簧夹片,通过弹力将上述尾筒的上述上游侧端部和上述内筒的上述下游侧端部连接;及弹性卡环(バギークリップ),将上述弹簧夹片按压在上述尾筒的上述上游侧端部侧,在由上述弹性卡环和上述内筒的上述下游侧端部的外表面包围的空间中收纳上述第二共振装置。

[0022] 这样一来,通过在由弹性卡环和内筒的下游侧端部的外表面包围的空间中收纳第二共振装置,从而能够有效地利用弹性卡环下方的空间。

[0023] 在一些实施方式中,上述至少一个喷嘴包含设于上述内筒的中心轴上的先导喷嘴和设于该先导喷嘴的外周的多个主喷嘴,设上述第二共振装置的安装位置上的上述内筒的直径为 $D_2$ 、从包围上述主喷嘴的主喷嘴外筒的尾流端部到上述第二共振装置的安装位置的距离为 $L_2$ ,则关系式 $0.8 \leq L_2/D_2 \leq 1.1$ 成立。

[0024] 由此,能够由第二共振装置有效地抑制第一共振装置的频带之外的特定高频的燃烧振动。

[0025] 在一些实施方式中, 设上述第二共振装置的安装位置处的上述内筒的直径为  $D_2$ 、上述内筒的长度方向上的上述第二共振装置的共振空间的宽度为  $W_2$ , 则关系式  $0.05 \leq W_2/D_2 \leq 0.3$  成立。

[0026] 由此, 能够实现第二共振装置的紧凑化, 并能够利用第二共振装置有效地抑制第一共振装置的频带之外的特定高频的燃烧振动。

[0027] 在一些实施方式中, 设上述第二共振装置的安装位置处的上述内筒的直径为  $D_2$ , 上述第二共振装置的共振空间的高度为  $h_2$ , 则关系式  $0.005 \leq h_2/D_2 \leq 0.02$  成立。

[0028] 由此, 能够实现第二共振装置的紧凑化, 并能够得到利用第二共振装置使频率高于第一共振装置的频带的燃烧振动大幅衰减的效果。

[0029] 发明效果:

[0030] 根据本发明的至少一个实施方式, 由于除了第一共振装置外, 还设置有使频率高于第一共振装置的燃烧振动进行衰减的第二共振装置, 所以能够利用第二共振装置使第一共振装置的频带之外的特定高频的燃烧振动进行衰减。而且, 由于将第二共振装置配置得比第一共振装置靠燃烧气体流向的下游侧, 所以第二共振装置靠近产生第一共振装置的频带之外的特定高频的燃烧振动时的火焰位置, 第二共振装置使上述高频的燃烧振动衰减的效果增大。另外, 由于不是仅使用一个宽度较宽的共振装置而是使用第一共振装置和第二共振装置, 所以能够抑制共振装置的设置区域的增加, 能够将共振装置通常具有的通气孔的数量设成最小限度, 防止燃烧用的压缩空气的供给量下降。

## 附图说明

[0031] 图 1 是一实施方式的燃气轮机燃烧器的剖视图。

[0032] 图 2 是一实施方式的燃气轮机燃烧器的共振装置周边的剖视图。

## 具体实施方式

[0033] 以下, 依据附图说明本发明的实施方式。其中, 关于该实施方式中所记载的构成部件的尺寸、材质、形状及其相对配置等, 只要没有特定的记载, 则不意味着将本发明的范围限定于此, 仅是单纯的说明例。

[0034] 图 1 是一实施方式的燃气轮机燃烧器的剖视图。图 2 是一实施方式的燃气轮机燃烧器的共振装置周边的剖视图。

[0035] 如图 1 所示, 燃气轮机燃烧器(以下仅称作“燃烧器”) 1 具有喷射燃料的喷嘴(2、3)、内部流有通过燃料燃烧而生成的燃烧气体的内筒(燃烧器套筒) 4 以及与内筒 4 连接的尾筒(过渡件) 6。

[0036] 燃烧器 1 与压缩机及涡轮机一起构成燃气轮机。在燃气轮机中, 由压缩机生成的压缩空气作为燃烧用空气供给至燃烧器 1, 由燃烧器 1 生成的燃烧气体从内筒 4 经由尾筒 6 供给至涡轮机。并且, 由该燃烧气体驱动涡轮机。

[0037] 燃烧器 1 是组合先导喷嘴 2 和主喷嘴 3 而成的多喷嘴型预混合燃烧器。先导喷嘴 2 设置在内筒 4 的中心轴上。另外, 在先导喷嘴 2 的外周以包围先导喷嘴 2 的方式配置有多个主喷嘴 3。主喷嘴 3 的末端部由主喷嘴外筒 5 覆盖。

[0038] 从先导喷嘴 2 喷射的燃料与压缩空气混合而被点火, 在先导喷嘴 2 的下游形成火

焰。从主喷嘴 3 喷射的燃料由形成在先导喷嘴 2 的下游的火焰点火,在各主喷嘴 3 的下游形成火焰。由此,在内筒 4 的内部空间中形成朝向尾筒 6 的高温的燃烧气流。

[0039] 尾筒 6 与内筒 4 的连接是使用弹簧夹片 8 进行的。内筒 4 的下游侧端部和尾筒 6 的上游侧端部以尾筒 6 处于内筒 4 的外周侧的方式重叠。弹簧夹片 8 的一端固定于内筒 4 的下游侧端部的外周面,另一端成为自由端。因此,内筒 4 和尾筒 6 通过弹簧夹片 8 的弹力而固定。另外,在弹簧夹片 8 与内筒 4 之间设置有弹性卡环 9,通过该弹性卡环 9 将弹簧夹片 8 按压在尾筒 6 的内壁面上,能够可靠地进行内筒 4 与尾筒 6 的连接。

[0040] 为了降低燃烧振动,在内筒 4 的外表面上安装有第一共振装置 10 和第二共振装置 20。第一共振装置 10 和第二共振装置 20 可以在内筒 4 的整个周向上设置,也可以局部地设置在内筒 4 的周向上。

[0041] 如图 2 所示,第一共振装置 10 是具有通过焊接安装在内筒 4 的外表面上的第一壳体 12 的音响套筒。由第一壳体 12 和内筒 4 的外表面包围的第一共振空间 14 经由形成在内筒 4 上的多个音响孔 16 与内筒 4 的内部空间连通。因此,在内筒 4 内产生的燃烧振动引起的空气振动(压力波)被音响孔 16 捕捉而共振。具体而言,第一共振空间 14 内的空气作为弹簧而发挥作用,从而由第一共振空间 14 内的空气和音响孔 16 内的空气构成共振系统。并且,音响孔 16 内的空气相对于该共振系统的共振频率的振动而激烈地共振,通过此时的摩擦使燃烧振动的振幅衰减。

[0042] 另外,能够利用第一共振装置 10 进行衰减的燃烧振动频带可通过调节音响孔 16 的直径(截面积)、第一共振空间 14 的大小(第一共振空间 14 的高度  $h_1$  和宽度  $W_1$ )等任意设定。

[0043] 另外,在第一壳体 12 上设置有通气孔 18,使得在内筒 4 的外部流动的压缩空气(燃烧用空气)的一部分流入到第一共振空间 14。由此,防止第一壳体 12 因与高温的燃烧气体接触而损伤。另外,如图 2 所示,压缩空气的流向是与在内筒 4 的内部空间流动的燃烧气体的流向相反的方向。

[0044] 在一些实施方式中,第一共振装置 10 的安装位置以如下方式确定:设第一共振装置 10 的安装位置处的内筒 4 的直径(内径)为  $D_1$  (参照图 1)、从主喷嘴外筒 5 的尾流端部到第一共振装置 10 的安装位置的距离为  $L_1$  (参照图 2),则关系式  $0.4 \leq L_1/D_1 \leq 0.7$  成立。另外,第一共振装置 10 的安装位置是指第一共振装置 10 在内筒 4 的长度方向上的宽度的中心位置。

[0045] 另外,在一些实施方式中,第一共振空间 14 的内筒 4 的长度方向上的宽度  $W_1$  (参照图 2)以如下方式确定:设第一共振装置 10 的安装位置上的内筒 4 的直径为  $D_1$ ,则关系式  $0.3 \leq W_1/D_1 \leq 0.6$  成立。

[0046] 另外,在一些实施方式中,第一共振空间 14 的高度  $h_1$  (参照图 2)以如下方式确定:设第一共振装置 10 的安装位置上的内筒 4 的直径为  $D_1$ ,则关系式  $0.03 \leq h_1/D_1 \leq 0.1$  成立。

[0047] 另一方面,第二共振装置 20 配置得比第一共振装置 10 靠燃烧气体流向的下游侧。例如,也可以在内筒 4 和尾筒 6 重叠的区域设置第二共振装置 20。

[0048] 在至少一个实施方式中,第二共振装置 20 的安装位置以如下方式确定:设第二共振装置 20 的安装位置处的内筒 4 的直径(内径)为  $D_2$  (参照图 1)、从主喷嘴外筒 5 的尾流

端部到第二共振装置 20 的安装位置的距离为  $L_2$  (参照图 2), 则关系式  $0.8 \leq L_2/D_2 \leq 1.1$  成立。由此, 能够使第二共振装置 20 的安装位置靠近产生高频燃烧振动时的火焰位置, 可由第二共振装置 20 有效地抑制高频的燃烧振动。

[0049] 另外, 第二共振装置 20 的安装位置是指第二共振装置 20 在内筒 4 的长度方向上的宽度的中心位置。

[0050] 另外, 第二共振装置 20 也与第一共振装置 10 同样地, 是具有安装在内筒 4 的外表面上的第二壳体 22 的音响套筒。由第二壳体 22 和内筒 4 的外表面包围的第二共振空间 24 经由形成在内筒 4 内的多个音响孔 26 与内筒 4 的内部空间连通。因此, 第二共振装置 20 能够通过第一共振装置 10 同样的机构使规定频率的燃烧振动进行衰减。另外, 在第二壳体 22 上设置有通气孔 28, 在内筒 4 的外部流动的压缩空气的一部分流入到第二共振空间 24。

[0051] 能够由第二共振装置 20 进行衰减的燃烧振动的频带可通过调节音响孔 26 的直径(截面积)、第二共振空间 24 的大小(第二共振空间 24 的高度  $h_2$  和宽度  $W_2$ ) 等任意设定, 被设定成频率高于能够由第一共振装置 10 衰减的燃烧振动的频带。

[0052] 在至少一个实施方式中, 第二共振空间 24 在内筒 4 的长度方向上的宽度  $W_2$  (参照图 2) 以如下方式确定: 设第二共振装置 20 的安装位置上的内筒 4 的直径为  $D_2$ , 则关系式  $0.05 \leq W_2/D_2 \leq 0.3$  成立。

[0053] 由此, 能够实现第二共振装置 20 的紧凑化, 并能够由第二共振装置 20 有效地抑制第一共振装置 10 的频带之外的特定高频的燃烧振动。

[0054] 另外, 在至少一个实施方式中, 第二共振空间 24 的高度  $h_2$  (参照图 2) 以如下方式确定: 设第二共振装置 20 的安装位置处的内筒 4 的直径为  $D_2$ , 则关系式  $0.005 \leq h_2/D_2 \leq 0.02$  成立。

[0055] 由此, 能够实现第二共振装置 20 的紧凑化, 并能够得到利用第二共振装置 20 使高频的燃烧振动大幅衰减的效果。

[0056] 另外, 在至少一个实施方式中, 第二共振空间 24 的高度  $h_2$  比第一共振空间 14 的高度  $h_1$  小。

[0057] 这样一来, 相对地减小第二共振装置 20 的第二共振空间 24 的高度  $h_2$ , 从而能够有效地利用第二共振装置 20 使高频燃烧振动进行衰减。另外, 使得第二共振装置 20 紧凑化, 第二共振装置 20 的布局变得容易。例如, 在由弹性卡环 9 和内筒 4 的外表面包围的空间中收纳第二共振装置 20, 从而也能够有效地利用弹性卡环 9 下方的空间。

[0058] 如以上所说明, 在上述的实施方式中, 由于除了第一共振装置 10 外, 还设置有使频率高于第一共振装置 10 的燃烧振动进行衰减的第二共振装置 20, 所以能够由第二共振装置 20 使第一共振装置 10 的频带之外的特定高频的燃烧振动进行衰减。而且, 由于将第二共振装置 20 配置得比第一共振装置 10 靠燃烧气体流向的下游侧, 所以第二共振装置 20 靠近产生第一共振装置 10 的频带之外的特定高频的燃烧振动时的火焰位置, 第二共振装置 20 使上述高频的燃烧振动衰减的效果增大。另外, 由于不是仅使用一个宽度较宽的共振装置而是使用第一共振装置 10 和第二共振装置 20, 所以能够抑制共振装置(10、20)的设置区域的增加, 能够将共振装置通常具有的通气孔(18、28)的数量设成最小限度, 以防止燃烧用的压缩空气的供给量下降。

[0059] 以上关于本发明的实施方式进行了详细的说明, 但是本发明不限于此, 当然可

以在不脱离本发明的构思的范围内进行各种改良和变形。

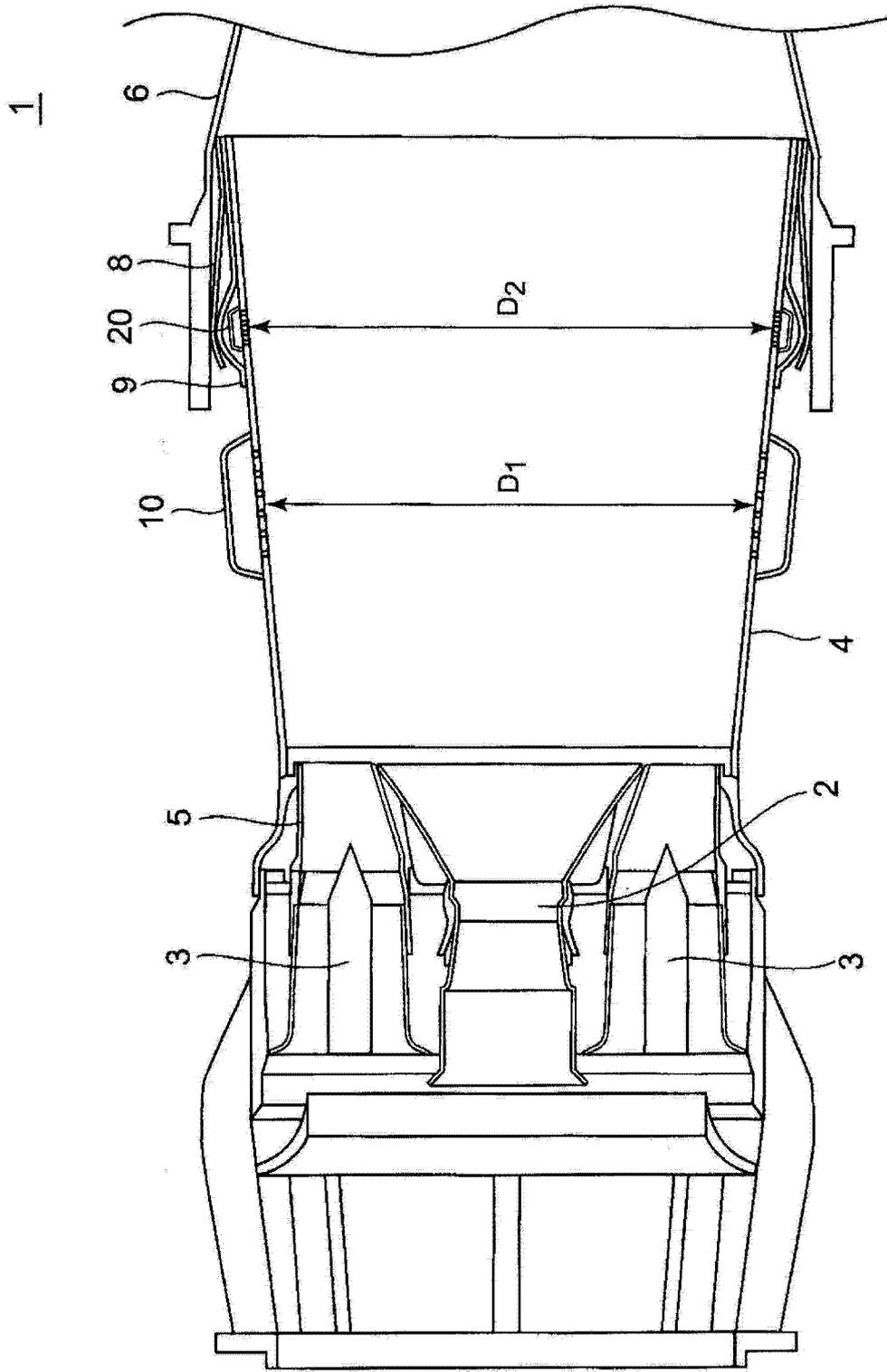


图 1

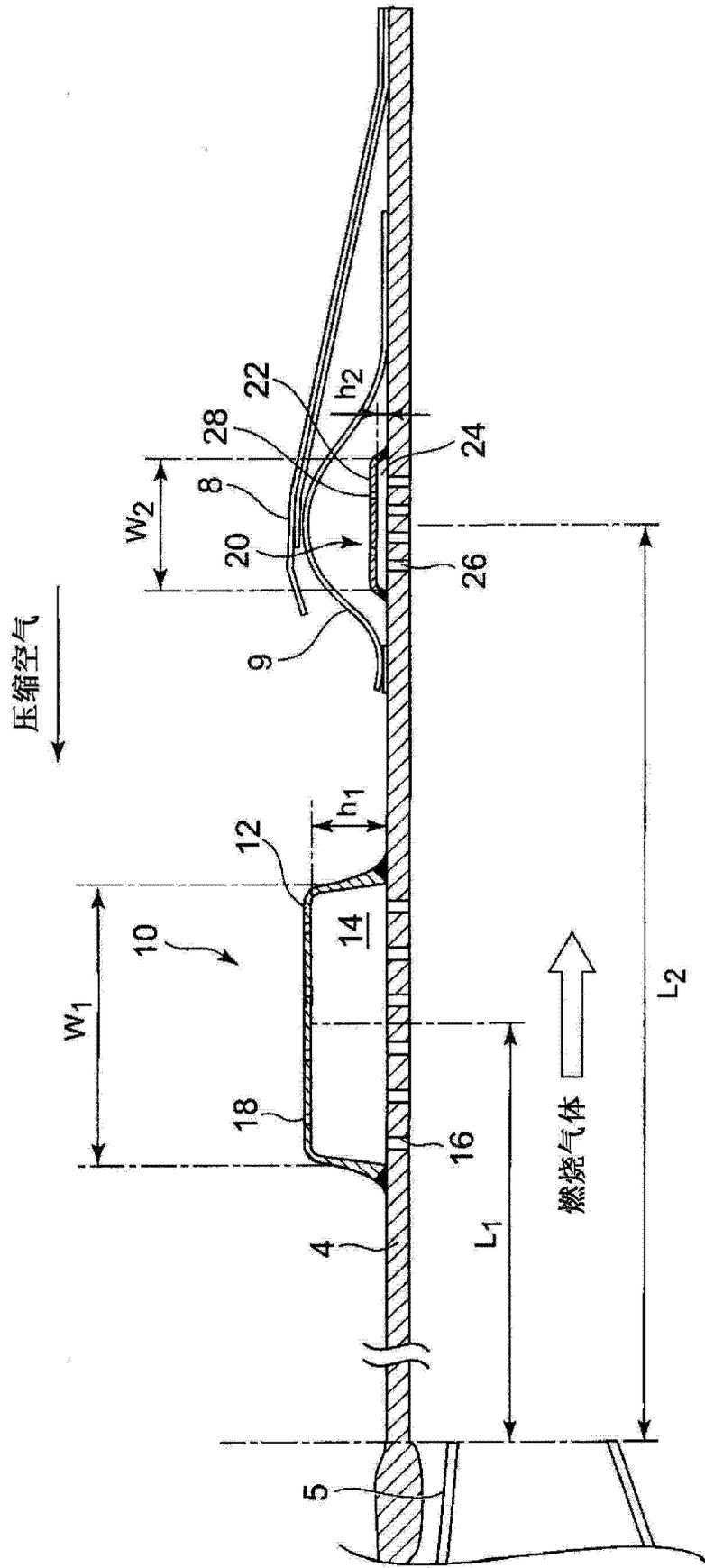


图 2