(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101169209 B
(45)授权公告日 2011.11.16

(21)申请号 200710152766.1
(22)申请日 2007.09.20
(30)优先权数据
11/524582 2006.09.21 US
(73)专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约州
(72)发明人 D·C·霍沃德 E·M·奥奈尔
P·J·瓦尔科
(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 范晓斌 刘华联
(51)Int.Cl.
F16L 55/035(2006.01)
(56)对比文件
US 2614172 A,1952.10.14, 说明书第1栏第1-11行, 第3栏第4-43行, 附图.
US 3023267 A,1962.02.27, 说明书第3页第23-72行, 附图5.
US 3929167 A,1975.12.30, 全文.
US 4018977 A,1977.04.19, 全文.
US 5262593 A,1993.11.16, 全文.
审查员 魏巧莲

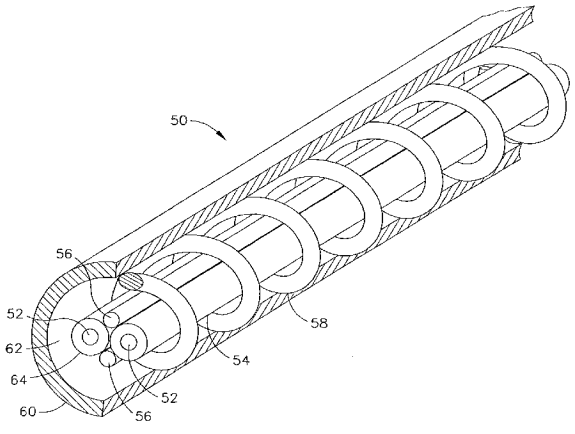
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 6 页

(54)发明名称

用于谐振频率响应衰减的方法和装置

(57)摘要

本发明提供了一种谐振频率响应衰减装置。该谐振频率响应衰减装置包括:导管(60);至少一个传导元件(42),该传导元件包在保护护套(54)中;阻尼元件(58),该阻尼元件布置在该至少一个传导元件周围,其中,阻尼元件牢固固定在该至少一个传导元件上,用于防止传导元件和导管之间的相对运动,且该至少一个传导元件同心地布置在导管中,并在导管和该至少一个传导元件之间限定了间隙(62)。



CN 101169209 B

1. 一种用于衰减谐振频率响应的方法，包括：

将至少一个传导元件包在保护护套中；

将阻尼元件布置在所述至少一个传导元件周围，其中，所述阻尼元件牢固固定在所述至少一个传导元件上，用于防止所述传导元件与导管之间的相对运动；以及

将至少一个隔离线沿纵向布置成邻近多个所述传导元件中的至少一对；

将所述至少一个传导元件同心地布置在导管中，以在所述至少一个传导元件与所述导管之间限定间隙。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，还包括：

将多个所述传导元件同心地布置在导管内。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，还包括将所述阻尼元件螺旋布置在所述至少一个传导元件周围并外接所述至少一个传导元件，其中所述阻尼元件与所述导管的内表面接触。

4. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，制造所述阻尼元件的材料选自：镍、铜、钢、橡胶以及其它粘弹性材料。

5. 根据权利要求 1 所述的方法，还包括将至少一个另外阻尼元件布置在所述阻尼元件附近，且所述阻尼元件和所述至少一个另外阻尼元件螺旋布置在所述至少一个传导元件周围并外接所述至少一个传导元件，其中，所述至少一个另外阻尼元件牢固固定在所述至少一个传导元件上，用于防止所述至少一个另外阻尼元件与传导元件之间的相对运动，并用于调节所述传导元件的谐振频率响应。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，还包括改变所述阻尼元件的螺旋节距，用于调节所述传导元件的谐振频率响应。

7. 根据权利要求 1 所述的方法，还包括改变所述间隙宽度，以便于调节所述传导元件的谐振频率响应。

8. 根据权利要求 2 所述的方法，其中，所述阻尼元件包括粘弹性材料，所述方法还包括将所述粘弹性材料布置在多个所述传导元件周围并在多个所述隔离线周围，多个所述传导元件分别包在各自的保护护套中。

9. 根据权利要求 1 所述的方法，其中：所述阻尼元件还包括线网材料。

10. 根据权利要求 1 所述的方法，还包括将所述阻尼元件钎焊到包住所述至少一个传导元件的保护护套上。

11. 根据权利要求 9 所述的方法，其中：所述线网材料外接包在保护护套中的所述至少一个传导元件，以形成外接包在保护护套中的所述至少一个传导元件的多个线网层，其中，所述线网材料钎焊到所述保护护套上，所述多个线网层的每个钎焊到所述多个线网层的另一个上。

12. 一种谐振频率响应衰减装置，包括：

导管；

至少一个传导元件，该传导元件包在保护护套中；

至少一个隔离线，该隔离线沿纵向布置成邻近多个该传导元件中的至少一对；

阻尼元件，该阻尼元件布置在该至少一个传导元件周围，其中，该阻尼元件牢固固定在该至少一个传导元件上，用于防止该传导元件与导管之间的相对运动，且该至少一个传导元件同心地布置在导管中，并在该导管与该至少一个传导元件之间限定了间隙。

13. 根据权利要求 12 所述的装置，还包括：

多个该传导元件，其同心地布置在导管内。

14. 根据权利要求 12 所述的装置，其中：该阻尼元件螺旋布置在该至少一个传导元件的周围，并与导管的内表面接触。

15. 根据权利要求 12 所述的装置，其中，制造该阻尼元件的材料选自：镍、铜、钢、橡胶以及其它粘弹性材料。

16. 根据权利要求 12 所述的装置，还包括至少一个另外阻尼元件，该另外阻尼元件布置在该阻尼元件附近并与其平行，且该至少一个另外阻尼元件螺旋布置在该至少一个传导元件周围并外接该至少一个传导元件，其中，该至少一个另外阻尼元件牢固固定在该至少一个传导元件上，用于防止该至少一个另外阻尼元件与传导元件之间的相对运动，并用于调节该至少一个传导元件的谐振频率响应。

17. 根据权利要求 12 所述的装置，其中，该阻尼元件具有可变的螺旋节距，用于调节该传导元件的谐振频率响应。

18. 根据权利要求 12 所述的装置，其中，该间隙宽度可变，以便于调节该传导元件的谐振频率响应。

19. 根据权利要求 13 所述的装置，其中，该阻尼元件包括粘弹性材料，该粘弹性材料布置在多个该传导元件的周围并在该多个隔离线周围，多个该传导元件分别包在各自的保护护套中。

20. 根据权利要求 12 所述的装置，其中：该阻尼元件包括线网材料。

用于谐振频率响应衰减的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及振动环境，特别是涉及用于谐振频率响应衰减的方法和装置。

背景技术

[0002] 电缆的谐振频率行为由电缆和电缆 / 夹持支承系统的质量和硬度来确定。电缆由于发动机的不平衡力而引起的谐振频率响应行为的相位和幅值取决于力函数的相位和幅值，且当力函数与电缆的模态响应一致时，可能导致早期故障。当安装于发动机上时，电导体或电缆需要有效阻尼和支承约束，以便能存在于该用途的高水平振动环境中。

[0003] 电缆是成束的，并用柔性导管包裹，从而能够布线成适应预先存在的电缆夹 / 托架位置，且有较低的抗弯刚度。这些阻尼特性必须在较宽的带频和热范围上有效，以便控制机械引起的振动激励。电缆布线结构通常通过专用装置来调节成静止，且各用途的振动稳定性分别通过测试、监测和确定趋势来检验。自由跨距夹持长度确定为将振动频率响应控制在可接受的水平。这些问题的解决方案需要大量的数据表征，是自然反应，并需要大量的资源来解决。

[0004] 电缆和电缆状传感器（例如 TNAC）由内部导线和外部保护套组成。TNAC 的外部保护套由镍 -200 制成，并由于燃气涡轮发动机的振动激励而反复弯曲。当外部保护套反复弯曲时，它将变硬、变脆和断裂。当镍 -200 外部保护套断裂时，内部传感器线直接暴露于燃气涡轮发动机的恶劣工作环境中，并很快损坏。

[0005] 燃气涡轮发动机部件（例如 TNAC）所需的安全外场寿命预期要求为高达五万工作小时无故障。不过，TNAC 的平均外场寿命只有 3 千工作小时。因此，TNAC 不能满足外场寿命预期要求。为了避免损坏整个传感器并同时满足外场预期要求，内部传感器线必须固定不动，并防止受到外部环境损坏。该环境包括发动机的振动和温度状态以及其它各种负载，例如由维护工作人员挂在外部保护套上的工具。

[0006] 因此，需要一种在较宽频率范围和针对一种温度范围的应用上有效的改进阻尼系统，它衰减所有的振动，而不需要调节成针对特定频率。

发明内容

[0007] 在一个实施例中，公开了一种用于衰减谐振频率响应的方法。该方法包括将至少一个传导元件包入保护护套内，并将阻尼元件布置在该至少一个传导元件周围。阻尼元件牢固固定在该至少一个传导元件上，用于防止传导元件与导管之间的相对运动。该方法还包括将该至少一个传导元件同心地定位在导管内，以便在该至少一个传导元件与导管之间限定间隙。

[0008] 在另一示例实施例中，公开了一种谐振频率响应衰减装置。该装置包括：导管；至少一个传导元件，该传导元件包在保护护套中；以及阻尼元件，该阻尼元件布置在该至少一个传导元件周围。阻尼元件牢固固定在该至少一个传导元件上，用于防止该传导元件和导管之间的相对运动，且该至少一个传导元件同心地布置在导管中，并在导管与该至少一个

传导元件之间限定了间隙。

附图说明

[0009] 图 1 是燃气涡轮发动机的示意图；

[0010] 图 2 是燃气涡轮发动机的示意剖视图；

[0011] 图 3 表示了燃气涡轮发动机，其中管道安装在该燃气涡轮发动机上，且传导元件安装在该管道上；

[0012] 图 4 表示了用于将传导元件安装在图 3 的发动机管道上的安装结构的放大图；

[0013] 图 5 表示了谐振频率响应衰减装置的示例实施例；

[0014] 图 6 表示了谐振频率响应衰减装置的另一示例实施例；

[0015] 图 7 表示了谐振频率响应衰减装置的还一示例实施例；

[0016] 图 8 表示了谐振频率响应衰减装置的还一示例实施例。

具体实施方式

[0017] 图 1 表示了燃气涡轮发动机 10 的示意图，该燃气涡轮发动机 10 包括低压压缩机 12、高压压缩机 14 和燃烧器 16。燃气涡轮发动机 10 还包括高压涡轮 18、低压涡轮 20 和涡轮喷嘴组件 30。

[0018] 在工作时，空气流过低压压缩机 12，然后，压缩空气从低压压缩机 12 供给至高压压缩机 14。低压压缩机 12 和高压压缩机 14 分别包括可调定子叶片 22，该定子叶片 22 控制空气在进入压缩机 12、14 时的入射角，从而使得燃气涡轮发动机 10 更高效地工作。常规的燃料系统 28 提供燃料，该燃料与高压空气组合，并在燃烧器 16 中燃烧。所形成的高温燃气从燃烧器 16 传送至涡轮喷嘴组件 30。来自燃烧器 16 的气流（图 1 中未示出）驱动高压涡轮 18 和低压涡轮 20。

[0019] 图 2 表示了图 1 的燃气涡轮发动机 10 的剖视图。低压压缩机 12、高压压缩机 14、高压涡轮 18 和低压涡轮 20 各自包括转子组件。转子组件（例如涡轮 18）包括一组转子叶片 36，其中，各转子叶片 36 与转子盘（图 2 中未示出）连接，该转子盘可旋转地连接至转子轴 42，使得叶片 36 绕转子盘的周边间隔开。多个周向间隔开的转子叶片 32、34、36、38 统称为动叶 (bucket)。在燃气涡轮发动机 10 的工作过程中，转子组件在燃气涡轮发动机 10 结构中引起机械的和气动的振动激励。

[0020] 压缩机 12、14 和涡轮 18、20 的转子组件在燃气涡轮发动机 10 内引起机械振动激励。在燃气涡轮发动机 10 的工作过程中，转子组件经受在旋转过程中所产生的不平衡，从而使燃气涡轮发动机 10 的静止部件产生机械振动激励。主要的转子组件不平衡在机器的每一转中产生一次。外来物体损伤也引起机械振动激励。在工作过程中，燃气涡轮发动机 10 可能吸入某种类型的外来物体或碎屑，例如冰、鸟或跑道上的机械工具。根据所吸入物体或碎屑的尺寸，转子叶片 32、34、36、38 可能会折断，从而进一步引起转子组件和转子叶片的不平衡。另外，转子叶片 32、34、36、38 通过谐振而进一步产生振动激励，该谐振以每一转多次来形成。

[0021] 气动振动激励由转子叶片 32、34、36、38 的通过频率 (passingfrequency) 来产生。当转子叶片 32、34、36、38 经过燃气涡轮发动机 10 的静止部件时产生气动力。这些气动力

在发动机 10 的静止部件（例如喷嘴组件 30）上产生振动信号，然后在整个燃气涡轮发动机机壳 40 上传递。

[0022] 图 3 表示了安装在燃气涡轮发动机管道 11 上的传导元件 42。在一个示例实施例中，传导元件 42 可以为电阻式温度检测器，也称为 RTD。不过应当知道，在其它各种示例性实施例中，传导元件 42 可以为任意类型的传导元件，且并不局限于 RTD。在高温应用中的传导元件 42（例如 RTD）由金属护套来保护，该金属护套将内部电缆温度控制在可接受的范围内。高温应用施加的最大温度大于五百华氏度（260 摄氏度）。传导元件 42 在三维空间中布线，以便与外部燃气涡轮发动机 10 结构一致。传导元件 42 的布线包括通过相交弯头半径、简单弯头和端子而相互连接的直线段。

[0023] 在该示例实施例中，传导元件 42 可以是一种称为平均面积电阻式温度检测器的特定类型 RTD。图 4 表示了使用一系列小夹子 44 而安装在燃气涡轮发动机管道 11 上的 TNAC。

[0024] 图 5 表示了电缆 50 的透视图。在该示例实施例中，电缆 50 具有振动阻尼元件，该振动阻尼元件设计成衰减所有的发动机振动行为，而不需要调节成针对特定频率。在该示例实施例中，电缆 50 包括两个传导元件或传感器元件 52，该元件 52 由铂制成并包在镍 -200 护套 54 内，并布置在外部导管 60 中。整个导体为 0.118 英寸 (0.3cm) 宽，0.053 英寸 (0.13cm) 高和 57.60 英寸 (146cm) 长。应当知道，检测元件 52 可以具有任意横截面形状。

[0025] 外部导管 60 由因康镍合金（镍铁合金）制成，有圆形横截面积，并延伸过检测元件 52 的整个长度。此外，外部导管 60 具有由内径确定的内表面和由外径确定的外表面。在该示例实施例中，导管 60 的内径为 0.18 英寸 (0.46cm)。应当知道，外部导管 60 可以由适合其它用途和它们各自工作环境的其它材料制成。因此，在其它各个示例实施例中，外部导管可以由例如（但不局限于）不锈钢、铝和 PVC 制成。还应当知道，外部导管 60 的内径和外径以及相应的横截面积可以为任意尺寸，只要该内径小于外径。不过，外部导管 60 的外径尺寸会由于燃气涡轮发动机 10 中的可用空间而受限制。而且应当知道，尽管在示例实施例中，外部导管 60 有圆形横截面，但是该外部导管 60 也可以有任意横截面形状。

[0026] 检测元件 52 对于燃气涡轮发动机 10 的恶劣工作环境很敏感，因此保护护套 54 布置在各检测元件 52 周围，从而将检测元件 52 有效包在该保护护套 54 中。为了进一步保护检测元件 52（其中，各检测元件 52 包在各自的保护护套中），这些检测元件 52 同心地布置在外部导管 60 中，以便在保护护套 54 的外表面和外部导管 60 的内表面之间限定一间隙 62。在该示例实施例中，间隙 62 在 0.0025 英寸 (0.0064cm) 和 0.0065 英寸 (0.1651cm) 之间。优选是，间隙 62 有恒定宽度，并延伸过该检测元件 52 的整个长度。应当知道，检测元件 52 的数目并不局限于两个元件 52，且可以使用任意数目的检测元件 52。不过，检测元件 52 的数目会受到外部导管 60 的内径尺寸的限制。还应当知道，间隙 62 的宽度可以根据外部导管 60 的内径和布置在该导管 60 中的检测元件 52 的数目而变化。

[0027] 图 5 还表示了布置在保护护套 54 之间的隔离线 56。隔离线 56 由与保护护套 54 相同的材料（镍 -200）制成，且外径为 0.0285 英寸 (0.072cm)。应当知道，隔离线 56 可以由其它材料制成，只要该材料不会损坏其它部件，包括阻尼线 58（后面将介绍）和外部导管 60。隔离线 56 有助于填充保护护套 54 的外表面和外部导管 60 的内表面之间的间隙 62，从

而形成更为圆形的横截面形状，以匹配外部导管 60 的内部横截面形状。应当知道，当检测元件的数目增加时，将需要更少的隔离线 56 来匹配外部导管 60 的内部截面形状。

[0028] 包在保护护套 54 中并由隔离线 56 分开的检测元件 52 形成一种组合结构 54。振动阻尼元件例如阻尼线 58 布置在该组合结构 64 周围，并与外部导管的内表面成稳固接触，从而同心定位这些检测元件 52 并阻尼检测元件 52 的振动。阻尼线 58 有圆形横截面，外径为 0.0285 英寸 (0.072cm)，并布置在外部导管 60 内并且在保护护套 54 的外表面与外部导管 60 的内表面之间的间隙 62 中。另外，阻尼线 58 螺旋缠绕在组合结构 64 上，并外接 (circumscribe) 该组合结构 64。而且，阻尼线 58 可以钎焊至组合结构 64 的保护护套 54，以便抑制由于阻尼线 58 和保护护套 54 之间的相对热膨胀、振动或其它作用而引起的任何相对运动。这样就防止阻尼线 58 磨损该保护护套 54 以及防止检测元件 52 产生接地短路。阻尼线 58 由镍 -200 或镍材料衍生物（特征为更柔软的材料）制成，并应该不比保护护套 54 的材料更硬。应当知道，阻尼线 58 可以由适合其它用途和它们各自工作环境的其它材料制成。因此，在其它各种示例实施例中，阻尼线 58 可以由材料例如（但不局限于）镍、橡胶、铜、钢和粘弹性材料制成。阻尼线 58 应当是轻质且经济的。

[0029] 各燃气涡轮发动机 10 产生不同频率或正弦函数的不同振动激励，因此，电缆布线结构将被分别调节。不过，燃气涡轮发动机 10 都要经历与不同工作阶段相对应的不同工作振动激励频率。例如，燃气涡轮发动机在热机阶段的相应频率为大约 60Hz，而恒定连续飞行阶段的相应频率为 180Hz。在该示例实施例中，通过调节阻尼线 58 的螺旋节距、调节间隙 62 的宽度和调节阻尼线 58 的数目来控制或调节检测元件 52 的谐振频率响应。

[0030] 将阻尼线 58 布置成以螺旋形式外接该组合结构 64 将有利于调节该检测元件 52。具体地，阻尼线 58 的螺旋节距控制检测元件 52 的谐振频率。这样，减小螺旋节距将增大检测元件 52 的谐振频率。同样，增加螺旋节距将减小检测元件 52 的谐振频率。该螺旋节距设计成控制燃气涡轮发动机 10 在大约 180Hz 频率处的恒定连续飞行阶段谐振频率响应，从而不需要调节成针对特定频率。在该示例实施例中，阻尼线 58 的螺旋节距为 6.25 英寸 (15.88cm)。

[0031] 在该示例实施例中提供间隙 62 将附加控制检测元件 52 的谐振频率响应。通过调节保护护套 54 的外表面与外部导管 60 的内表面之间的间隙 62 的宽度，可以进一步控制谐振频率响应，或者进一步调节检测元件 52。减小间隙 62 的宽度将增大检测元件 52 的谐振频率响应。增大间隙 62 宽度将减小检测元件 52 的谐振频率响应。

[0032] 在该示例实施例中，检测元件 52 的谐振频率响应还通过布置在该组合结构 64 周围的阻尼线 58 的数目来控制。增加阻尼线 58 的数目将减小检测元件 52 的谐振频率响应。减少阻尼线 58 的数目将增大检测元件 52 的谐振频率响应。

[0033] 在该示例实施例中，该组合结构 64 制造成直线长度结构。外部导管 60 有圆形横截面积，并且也制造成直线长度结构。组合结构 64 与阻尼线 58 一起插入外部导管 60 中，然后再将装配好的电缆相应布置在整个发动机 10 中。应当知道，将组合结构 64 和阻尼器 58 布置在外部导管 60 内并不构成摇摆配合。因为阻尼线 58 与外部导管 60 的内表面稳固接触，因此阻尼线 58 也增强了该外部导管 60。

[0034] 应当知道，尽管在该示例实施例中使用单个阻尼线 58，但是任意数目的阻尼线 58 可以以螺旋形式外接在组合结构 64 的周围并钎焊在该组合结构 64 上。还应当知道，不同

于阻尼线 58 的振动阻尼元件也可以用在并布置在间隙 62 中。

[0035] 图 6 表示了另一示例实施例，其中，该振动阻尼元件包括彼此相邻并平行布置的两个阻尼线 58。这两个阻尼线 58 一起螺旋缠绕并外接在该组合结构 64 周围，并钎焊在该组合结构 64 上。应当知道，阻尼线 58 也可以相互钎焊至对方，并彼此平行布置且并不交叉。还应当知道，尽管一个或多个阻尼线 58 可以布置在护套 54 的外表面和外部导管 60 的内表面之间的间隙 62 中，但是其它阻尼材料也可以在间隙 62 中代替阻尼线 58。

[0036] 图 7 表示了还一示例实施例，其中，振动阻尼元件包括具有热收缩特性的可选粘弹性材料，例如收缩管 66，并将它布置在间隙 62 中。收缩管 66 为特氟隆 (Teflon) 类型材料，它布置在组合结构 64 周围，该特氟隆材料在加热时尺寸收缩。当该收缩管材料 66 被加热时，它的尺寸收缩，从而压缩该组合结构 64，并能够使该组合结构 64 与收缩管 66 一起滑入外部导管 60 中。收缩管材料 66 使得组合结构 64 在该外部导管 60 中固定不动。不过，收缩管材料 66 向外部导管 60 提供较小的结构支承或加强，因为它并不象以螺旋结构布置在组合结构 64 周围的阻尼线 58 一样硬。收缩管 66 用于最大温度小于三百华氏度 (149 摄氏度) 的低温用途中。

[0037] 图 8 表示了还一示例实施例，其中，振动阻尼元件包括布置在间隙 62 中的线网材料 68。线网 68 缠绕在组合结构 64 上，使得该线网 68 至少一次外接该组合结构 64。线网 68 钎焊至组合结构 64。而且应当知道，在其它各种示例实施例中，线网 68 多次外接该组合结构 64，多层线网 68 布置和外接在组合结构 64 周围。这些线网 68 层也可以相互钎焊。线网 68 用作阻尼器，并能承受很宽范围的极大振动频率和温度。不过，线网材料 68 向外部导管 60 提供较小的结构支承或加强。

[0038] 在该示例实施例中，振动阻尼元件在很宽的强制频率 (forcingfrequency) 范围和很宽温度范围内通过摩擦阻尼而有效控制不利的振动响应。该频率范围基本上是从大约 30 赫兹至大约三千赫兹，并与压缩机转子叶片 32、34 和涡轮转子叶片 36、38 的通过频率相对应。该频率范围包含全部纯音、随机和谐振强制频率。该温度范围从负 40 华氏度 (-40 摄氏度) 的最小值至 750 华氏度 (399 摄氏度)。

[0039] 这里所述的振动阻尼元件的该示例实施例设计成阻尼所有振动，而不需要调节成针对特定频率。在该示例实施例中，振动阻尼元件通过耗散由内部检测元件 52 和外部导管 60 之间的谐振和相对运动所引起的摩擦能量而控制不利的振动。另外，该振动阻尼元件的柔性允许该传导或检测元件 52、振动阻尼元件与该外部导管 60 的组合可以在不弯曲的直状态下进行组装，然后形成为能够符合构造布线要求。而且，该振动阻尼元件在高温应用向该内部温度检测元件 52 提供热保护，同时保持导热性以及对外部导管 60 的瞬态响应。当在高温下暴露于高能量声音或机械振动输入时，振动阻尼元件提供了对于检测电路元件的振动保护。

[0040] 应当知道，各种其它示例实施例可以用于需要防止外部高温或过大机械振动或者两者的损坏的任何传导元件。各种其它示例实施例可以用于任何振动环境，例如但不局限于 :剪草机发动机、摩托艇发动机和巡航轮船发动机。

[0041] 尽管已经参考特定实施例介绍了本发明，但是该特定实施例的说明只是示意表示，并不构成对本发明范围的限定。在不脱离发明的精神和范围的情况下，本领域技术人员可以进行各种其它变化和改变。

[0042] 部件列表

[0043] 10 燃气涡轮发动机

[0044] 11 燃气涡轮发动机管道

[0045] 12 低压压缩机

[0046] 14 高压压缩机

[0047] 16 燃烧器

[0048] 18 高压涡轮

[0049] 20 低压涡轮

[0050] 22 可变定子叶片

[0051] 28 常规燃料系统

[0052] 30 涡轮喷嘴组件

[0053] 32 压缩机转子叶片

[0054] 34 压缩机转子叶片

[0055] 36 涡轮转子叶片

[0056] 38 涡轮转子叶片

[0057] 40 燃气涡轮发动机机壳

[0058] 42 传导元件

[0059] 44 小夹子

[0060] 50 电缆

[0061] 52 检测元件或传感器元件

[0062] 54 保护护套

[0063] 56 隔离线

[0064] 58 阻尼线

[0065] 60 外部导管

[0066] 62 间隙

[0067] 64 组合结构

[0068] 66 收缩管材料

[0069] 68 线网

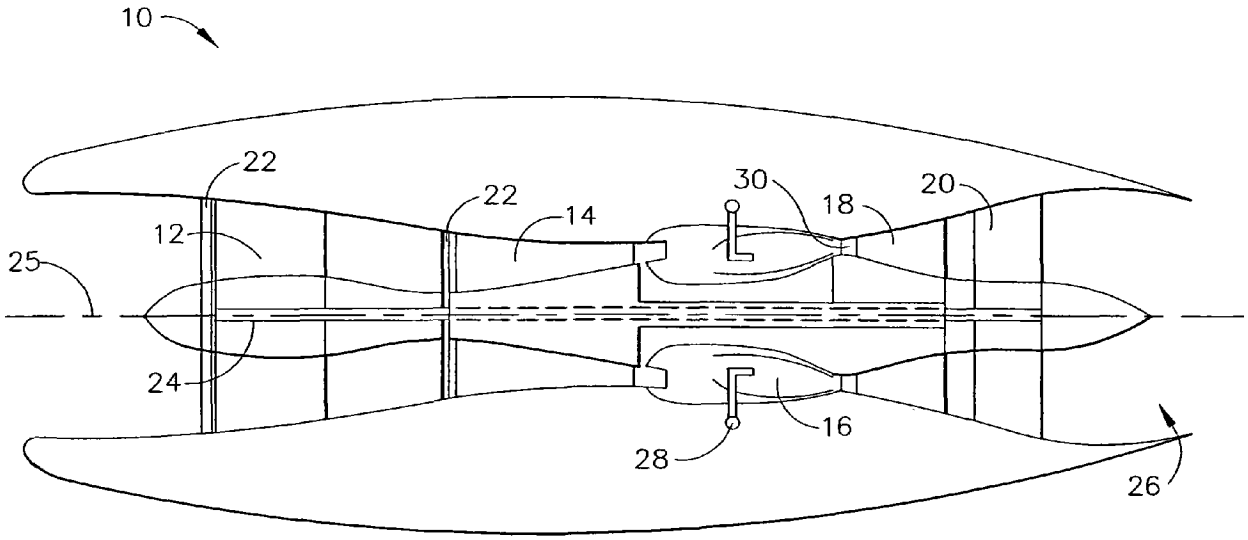

10
22
22
30
18
20
12
14
25
24
16
28
26

图 1

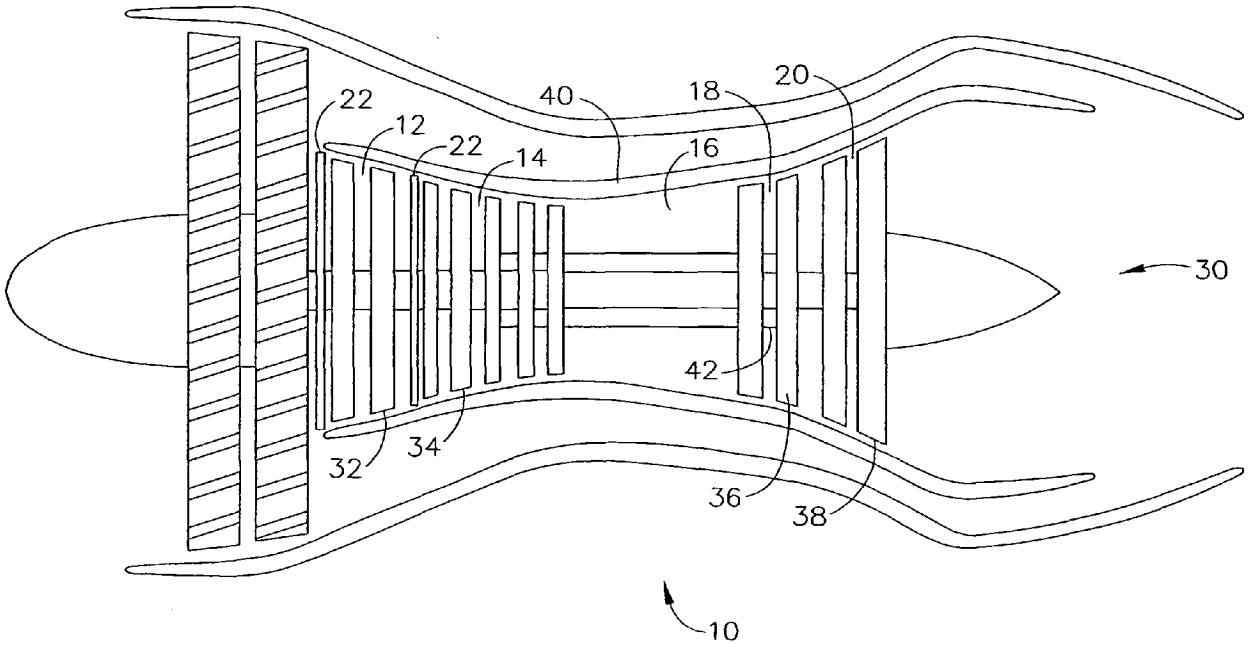

22
12
22
14
40
18
20
16
30
42
32
34
36
38
10

图 2

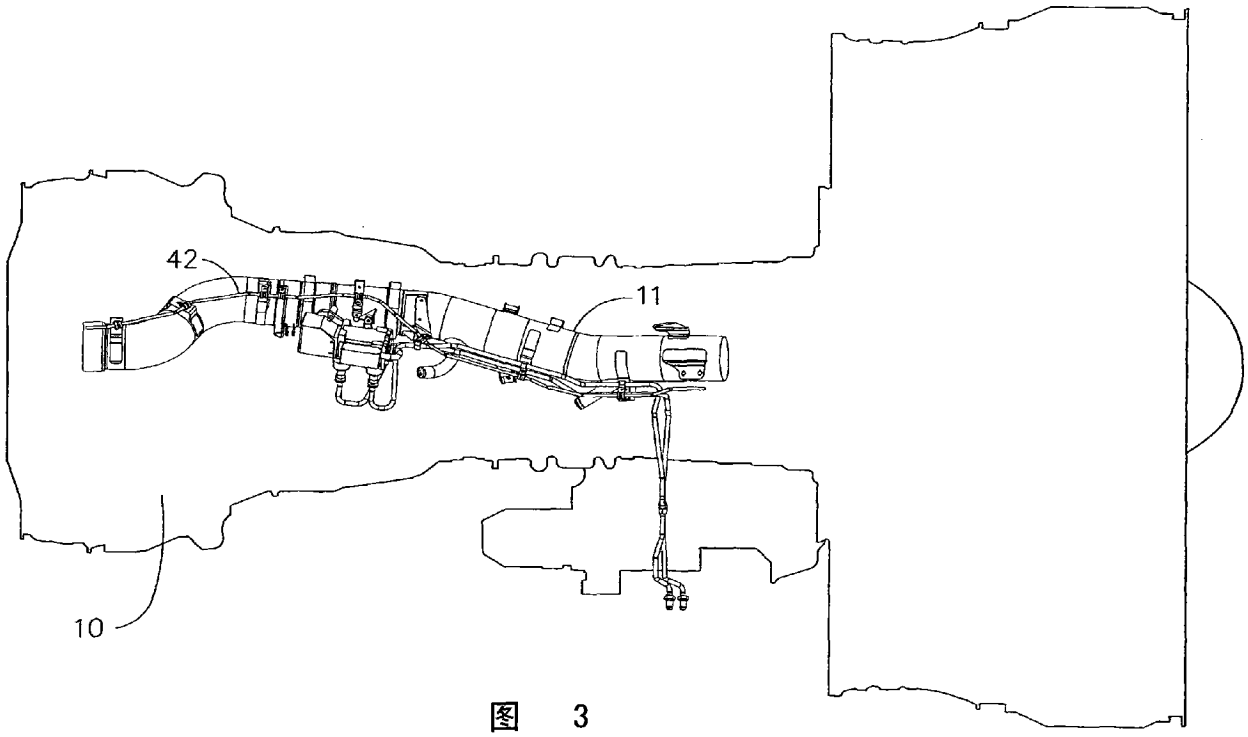


图 3

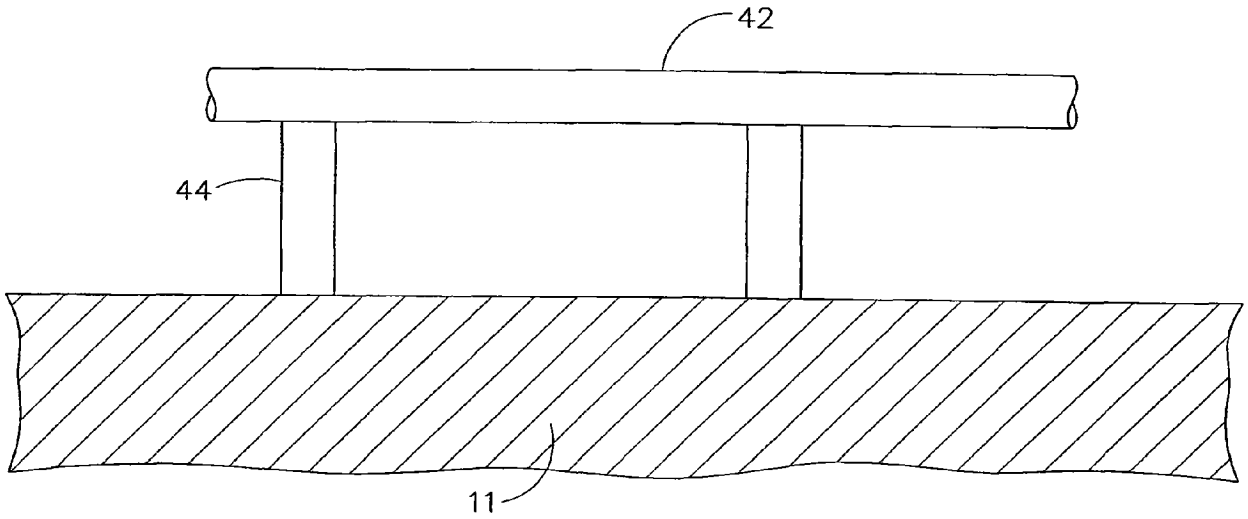


图 4

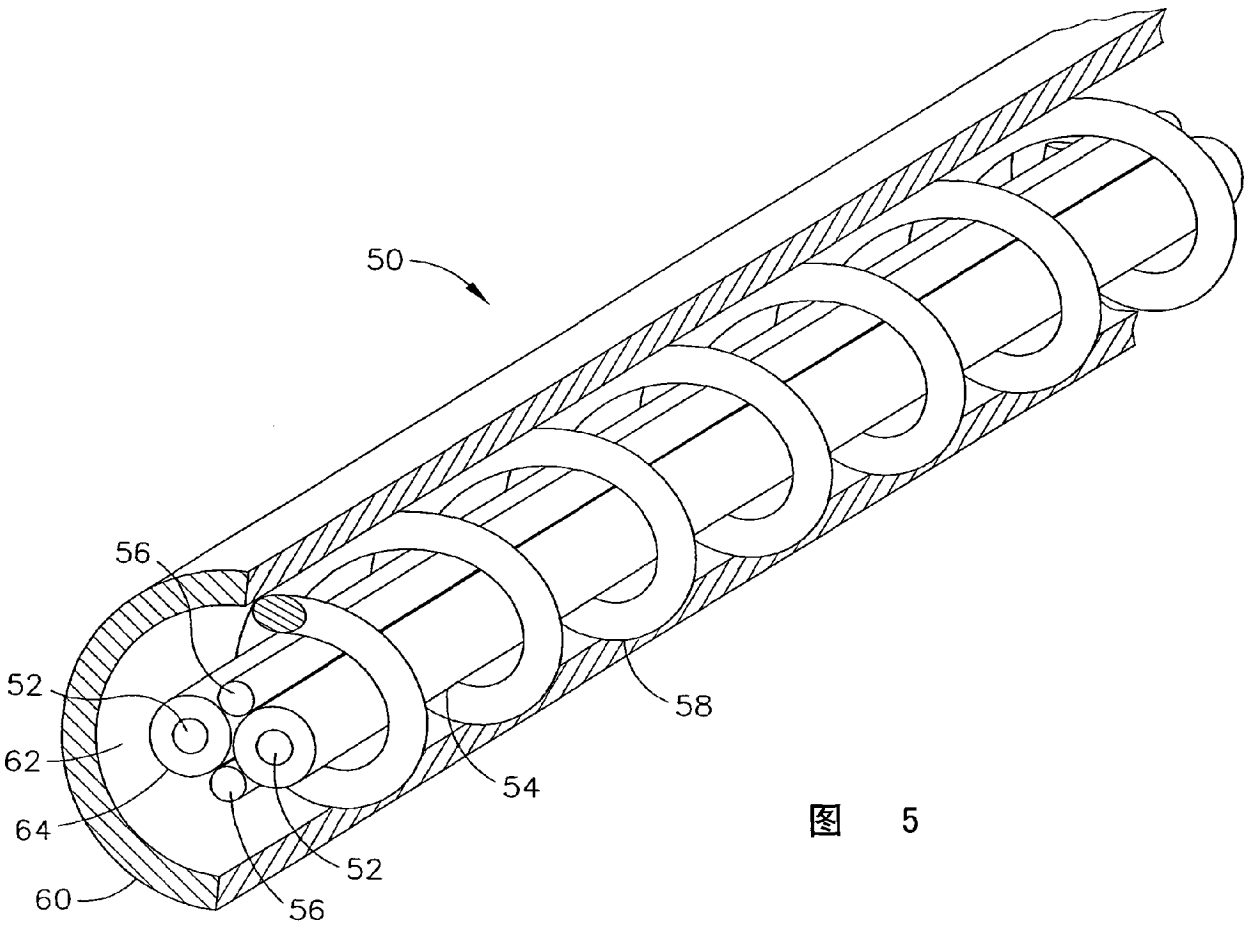


图 5

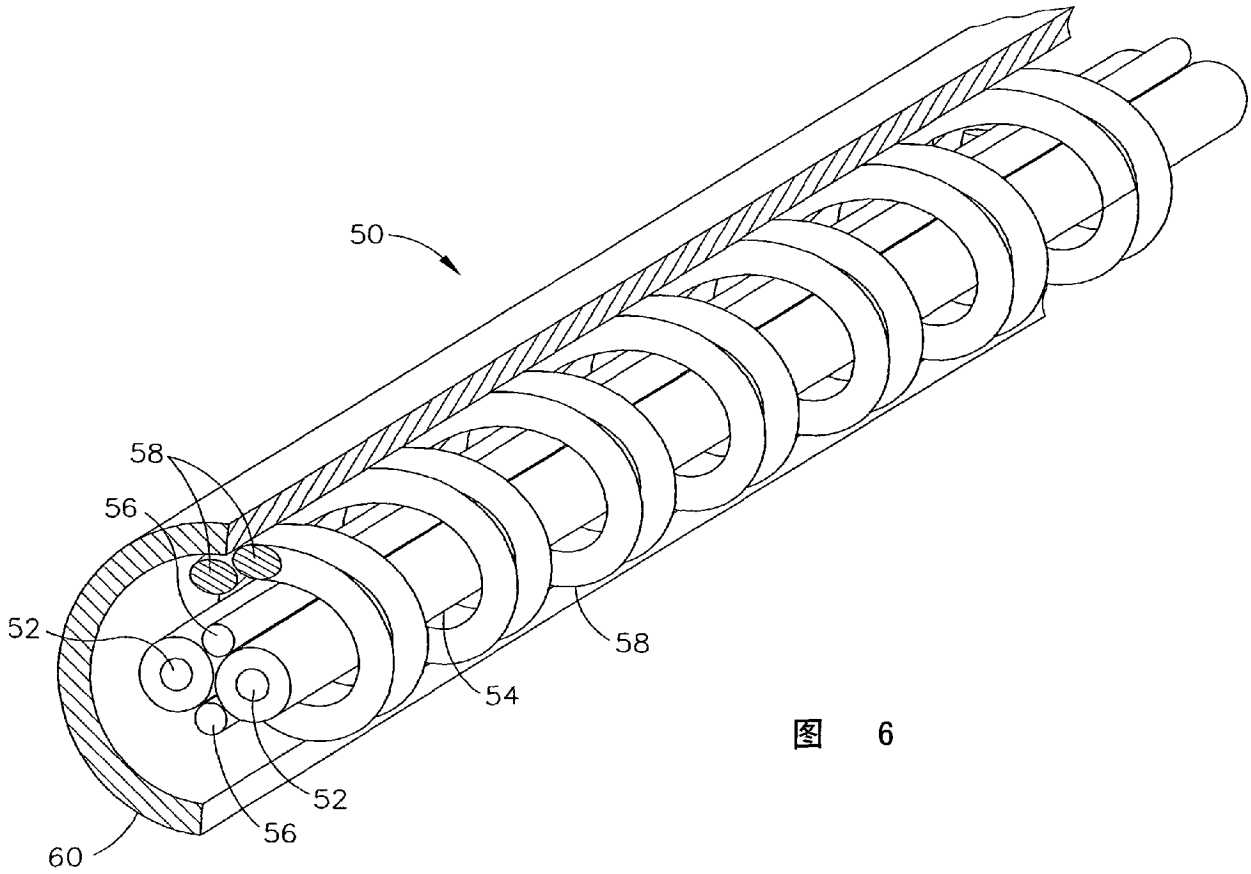


图 6

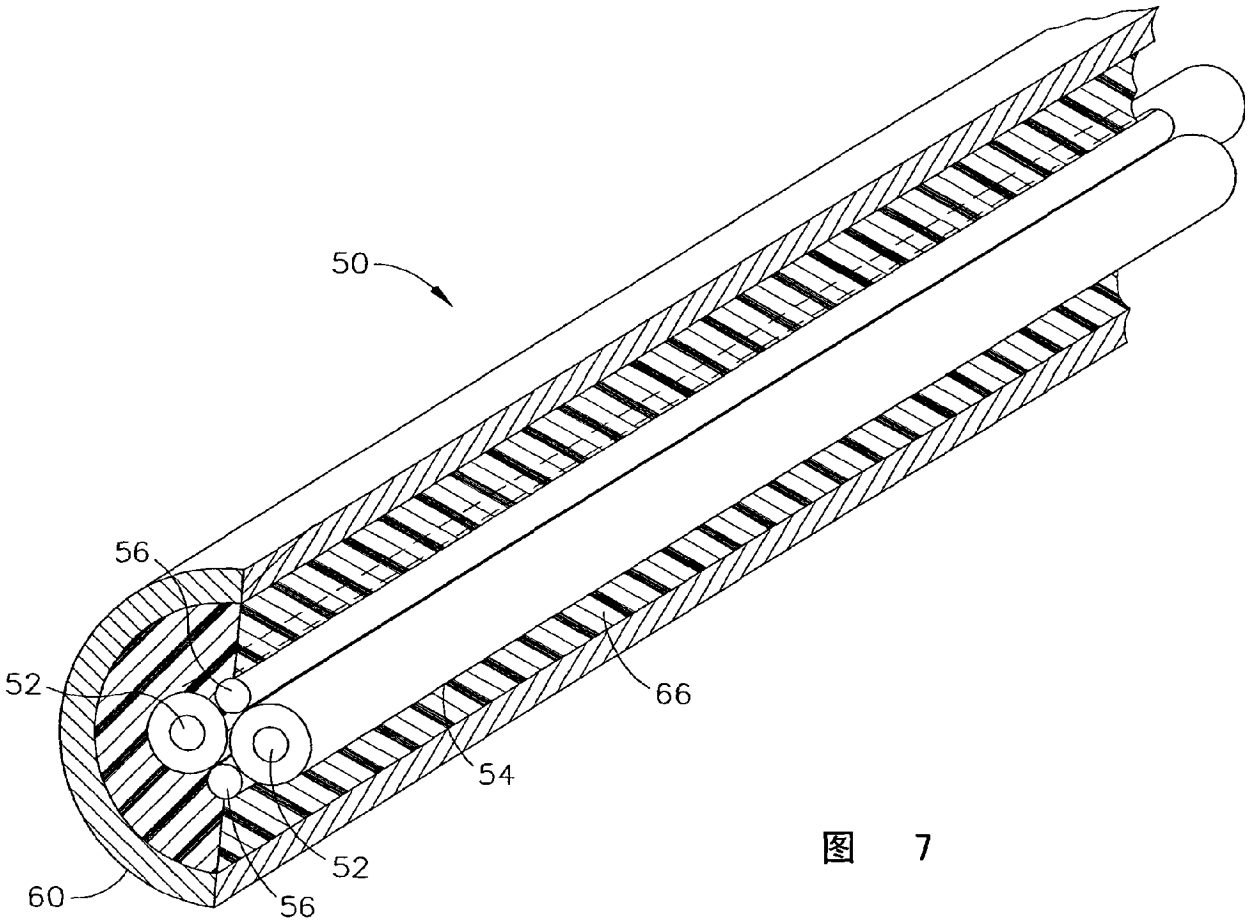


图 7

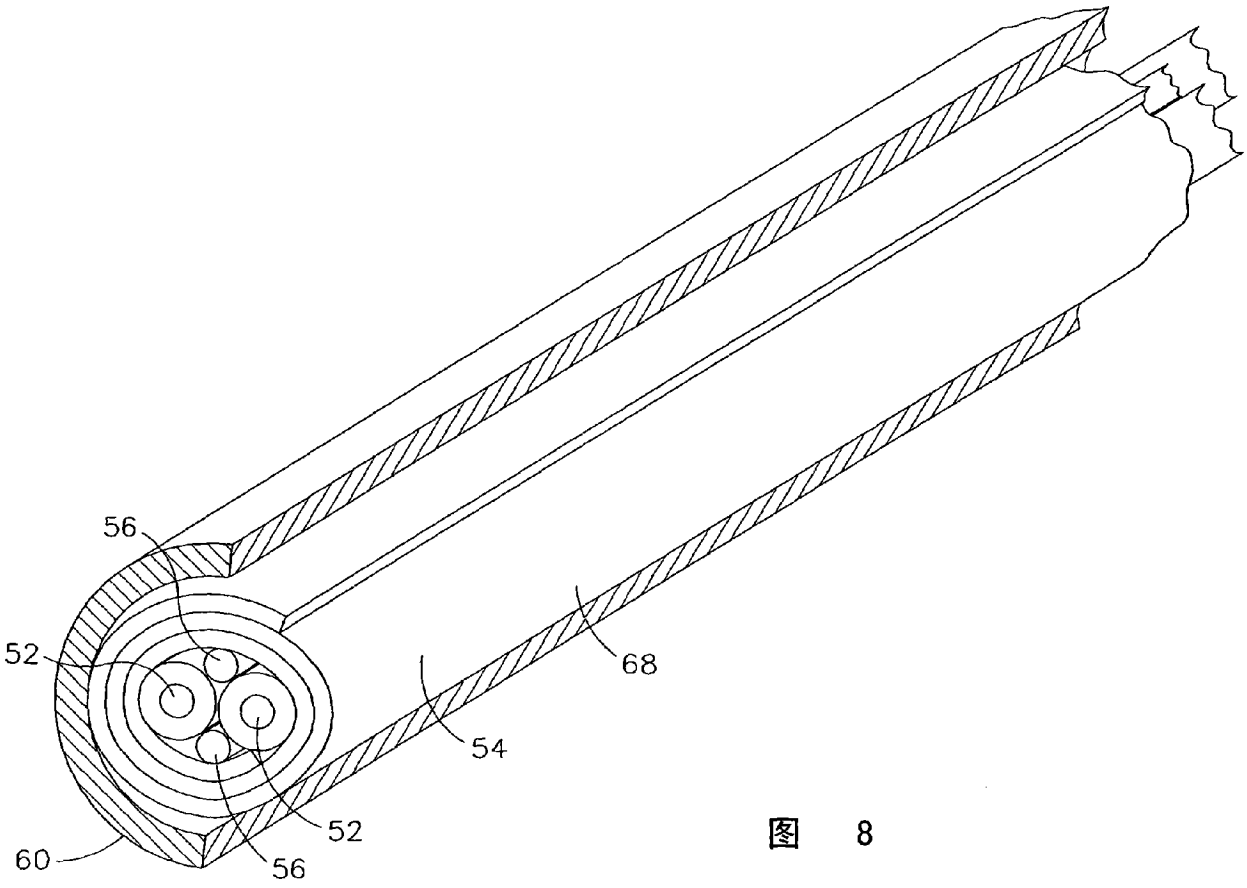


图 8