



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104335373 B

(45)授权公告日 2018.04.03

(21)申请号 201380029788.2

(72)发明人 R·布吕科 S·林贝克

(22)申请日 2013.05.24

(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所
11247

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104335373 A

代理人 张鲁滨 吴鹏

(43)申请公布日 2015.02.04

(51)Int.Cl.

H01L 35/30(2006.01)

(30)优先权数据

H01L 35/32(2006.01)

102012104927.0 2012.06.06 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.12.05

(56)对比文件

CN 102439743 A, 2012.05.02, 说明书第5-53段、附图1.

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2013/060765 2013.05.24

JP 特开平8-335722 A, 1996.12.17, 全文.

US 3607444, 1971.09.21, 全文.

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/182441 DE 2013.12.12

US 2005/0016183 A1, 2005.01.27, 全文.

审查员 韩婷

(73)专利权人 排放技术有限公司

地址 德国洛马尔

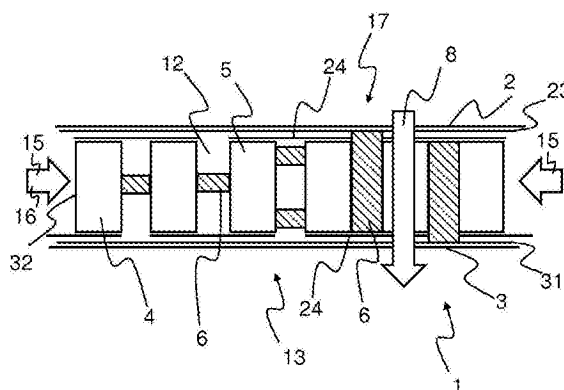
权利要求书1页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

热电模块及其运行方法

(57)摘要

本发明涉及一种热电模块(1)和一种运行该热电模块的方法。该热电模块(1)至少具有第一壁(2)和相对设置的第二壁(3)以及布置在第一壁与第二壁之间的、由热电材料(5)制成的元件(4)。此外设有填充材料(6),通过该填充材料将所有的元件(4)彼此隔开,还设有主热流方向(8),该主热流方向从第一壁(2)朝向第二壁(3)走向。



1. 一种热电模块(1), 该热电模块至少具有第一壁(2)和相对设置的第二壁(3)以及布置在第一壁与第二壁之间的、由热电材料(5)制成的元件(4), 所述元件相互导电连接, 该热电模块还具有填充材料(6), 通过该填充材料将所有的元件(4)彼此隔开, 该热电模块还设有主热流方向(8), 该主热流方向从第一壁(2)朝向第二壁(3)走向, 其特征在于, 所述热电模块(1)通过由紧固装置(14)沿横交于主热流方向(8)的方向(16)产生的至少一个压紧力(15)这样紧固, 使得沿横交于主热流方向(8)的方向(16)作用于元件(4)上的第一压应力(7)至少在一运行范围(9)中大于沿主热流方向(8)作用于元件(4)上的第二压应力(11), 在所述运行范围中, 在第一壁(2)与第二壁(3)之间的温度势(10)为至少50开尔文。

2. 根据权利要求1所述的热电模块(1), 其特征在于, 所述填充材料(6)至少在50℃到600℃的温度范围内具有比所述热电材料(5)大的热膨胀系数。

3. 根据权利要求1所述的热电模块(1), 其特征在于, 所述填充材料(6)至少在50℃到600℃的温度范围内具有比所述热电材料(5)低的导热率。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的热电模块(1), 其特征在于, 所述填充材料(6)至少沿平行于主热流方向(8)的方向看未完全填满第一壁(2)与第二壁(3)之间的间隙(12)。

5. 根据权利要求1至3中任一项所述的热电模块(1), 其特征在于, 所述紧固装置(14)布置在冷侧(13)。

6. 一种用于运行热电模块(1)的方法, 其中, 所述热电模块(1)具有第一壁(2)和第二壁(3)以及布置在第一壁与第二壁之间的、由热电材料(5)制成的元件(4), 所述元件相互导电连接, 并且在运行期间, 在第一壁(2)与第二壁(3)之间存在温度势(10), 主热流方向(8)从第一壁(2)朝向第二壁(3)走向; 其中, 该用于运行热电模块的方法至少具有以下步骤:

a) 在第一壁(2)与第二壁(3)之间产生温度势;

b) 由紧固装置(14)沿横交于主热流方向(8)的方向(16)施加至少一个压紧力(15), 以便产生横交于主热流方向(8)的第一压应力(7), 其中该第一压应力至少作用于大多数的元件(4)上;

c) 确保作用于元件(4)上的第一压应力(7)至少在一运行范围(9)中大于沿主热流方向(8)作用于元件(4)上的第二压应力(11), 在所述运行范围中, 在第一壁(2)与第二壁(3)之间的温度势(10)为至少50开尔文。

7. 根据权利要求6所述的方法, 其特征在于, 所述横交于主热流方向(8)的第一压应力(7)通过所述至少一个压紧力(15)的外部调节而受到影响。

8. 根据权利要求6所述的方法, 其特征在于, 所述第一压应力(7)以自调节的方式改变。

9. 一种热电发电机(18), 该热电发电机至少具有两个根据权利要求1至5中任一项所述的热电模块(1), 其中, 所述热电模块(1)通过热电发电机(18)的部件(19)被共同加载至少一个压紧力(15), 以便产生第一压应力(7)。

10. 一种机动车(20), 该机动车至少具有根据权利要求1至5中任一项所述的热电模块(1)或至少具有根据权利要求9所述的热电发电机(18)。

热电模块及其运行方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种热电模块和一种运行热电模块的方法。

背景技术

[0002] 热电模块可以被单独地或大量地用作热电发电机,该热电发电机由温度势(Temperaturpotential)和由此得出的热流产生电能。电能基于所谓的塞贝克效应产生。热电模块由相互电连接的p型掺杂和n型掺杂的热电材料构成。热电材料具有所谓的热侧和相对布置的冷侧,热电材料通过该热侧和冷侧分别导电地交替与相邻布置的其它热电材料相连。热侧在此与热电模块的壁导热连接,该壁被加载热介质。相应地,热电材料的冷侧与热电模块的被加载了冷介质的另一壁导热连接。

[0003] 这种热电发电机特别在机动车中、但也在其它技术领域中得到应用,在所述技术领域温度势可以通过热电发电机的布置结构被充分用于产生电能。

[0004] 在使用热电发电机时,通常在热电发电机的运行时间中观察到在热能转换为电能方面的效率下降。这种在运行期间出现的损耗现象特别可以归因于,在热电材料与朝向热电模块的第一壁和/或第二壁的其它连接层之间的连接逐渐变差。这种导热和/或导电连接的损坏特别是由以下原因引起:热电模块一般暴露于交替的或变化的温度和温度势之下。热电模块相应地被加载交替的热膨胀和由此产生的热应力。此外,各个连接层中的不同的热膨胀系数增强了这种负载。

发明内容

[0005] 因此本发明的目的是,至少部分地解决关于现有技术所提出的问题。特别应提出一种热电模块,该热电模块在长时间运行时在热能转换为电能方面具有稳定的高效率。此外应提出一种运行热电模块的方法,该方法同样能实现延长热电模块的运行时间,而同时不会使效率逐渐地下降。

[0006] 该目的通过一种根据权利要求1或权利要求2的特征的热电模块和一种根据权利要求7的运行热电模块的方法来实现。本发明的有利的设计方案在从属权利要求中给出。要指出的是,在权利要求中单独列出的特征能够以任意的技术上合理的方式相互组合并且呈现出本发明的其它设计方案。特别是结合附图给出的描述进一步说明本发明并提出本发明的补充的实施例。还要指出的是,关于热电模块所述的设计方案能够同样以技术上合理的方式应用于运行热电模块的方法,并且反之亦然。

[0007] 根据本发明的热电模块至少具有第一壁和相对设置的第二壁以及布置在第一壁与第二壁之间的、由热电材料制成的元件,所述元件相互导电连接。此外设有填充材料,通过该填充材料将所有的元件彼此隔开。在此,主热流方向从由第一壁形成的热侧朝向第二壁走向。在此提出,在所述热电模块运行期间,至少在热侧上50到600℃[摄氏度]的温度范围内,沿主热流方向作用于所述元件上的第二压应力不超过至少一第一阈值应力或不超过至少一第二阈值应力。第一阈值应力是由热电材料制成的元件的(和温度相关的)特性,当

超过第一阈值应力时,所使用的热电材料横向收缩。第二阈值应力是由热电材料制成的元件的(和温度相关的)特性,当超过第二阈值应力时,所使用的热电材料塑性变形。

[0008] 特别适用的是,当达到第二阈值应力时,热电材料已经开始横向收缩。

[0009] 另一种根据本发明的热电模块至少具有第一壁和相对设置的第二壁以及布置在第一壁与第二壁之间的、由热电材料制成的元件,其中,所述热电材料相互导电连接。此外设有填充材料,通过该填充材料将所有的元件彼此隔开。主热流方向从第一壁朝向第二壁走向。所述热电模块通过至少一个压紧力这样紧固,使得横交于主热流方向的第一压应力至少在一区域中为沿主热流方向的第二压应力的至少50%、特别为至少75%以及优选至少和第二压应力一样大(大于100%),在所述区域中,在第一壁与第二壁之间的温度势为至少50开尔文、特别为至少200开尔文。特别地,第一压应力(以及优选第二压应力)在此作用到热电模块内部的大多数的、优选所有的元件上。

[0010] 前述的根据本发明的特征也可以相互组合。

[0011] 本发明可应用于不同实施方式的热电模块。在此特别举出管状构造的热电模块或板形构造的热电模块,其中,例如在管状的热电模块中可使用环形的热电材料。

[0012] 特别地,第一壁被分配有热电模块的热侧,该热侧也就是被热介质(例如排气)加载。相应地,热电模块的第二壁被分配有冷侧,该冷侧被冷介质(例如冷却水)加载。在热介质与冷介质之间在运行时通常存在温度势,特别是在50K[开尔文]到600K范围内的温度势。在第一壁与第二壁之间布置有由热电材料制成的元件,其中,热电材料具有两个相对设置的侧面,该侧面相应地朝向热侧或冷侧,从而形成通过热电材料的温度势并相应地形成从热侧到冷侧的主热流方向。由于塞贝克效应,由这种温度势并通过p型掺杂和n型掺杂的热电材料的以交替方式的导电连接在热电模块内部产生电流。这种由热电材料制成的元件的电连接的基本构造对于本领域技术人员来说是已知的,对此必要时可以由申请人的在先公开申请中获取其它信息。

[0013] 在热电元件之间的填充材料一方面特别用于使彼此相邻布置的热电材料电绝缘和/或另一方面用于热侧与冷侧之间的热绝缘/隔热,从而热流的大部分通过热电元件导引。因此能实现由当前的温度势将热能高效地转换为电能。

[0014] 另一方面,填充材料特别设计用于将彼此相邻布置的热电材料彼此隔开,或换言之也使热电材料在所有运行条件下保持一(预定)距离。特别地,填充材料因而不是通过空气或真空形成,而是通过至少一个将热电材料的位置相对于彼此持久地固定的固体形成。在热电材料与第一壁和/或第二壁之间和/或也在热电材料与填充材料之间可以布置其它部件或连接层,来满足特殊目的,例如:避免腐蚀,产生牢固的(例如材料结合的)连接,提供导电层,提供导热层,电绝缘和/或热绝缘。

[0015] 特别可以将云母或耐压的陶瓷用作填充材料。所使用的陶瓷优选地为陶瓷空心体。此外可以使用双T形轮廓的形式的填充材料。优选地使用形状坚固的构造形式的填充材料,特别使用框架类构造形式的填充材料。在此设置的空腔特别被填充空气、气体或真空。

[0016] 现在观察到,通过由于存在的温度势引起的热负荷和特别是通过与之相关的热应力,热电材料具有增强的横向收缩趋势和/或蠕变趋势或塑性变形趋势,这分别导致热电材料与其它连接层之间的连接——特别是到与第一壁或与第二壁的连接——变差。这种热应力特别也通过热电材料在尽可能形状稳固的热电模块中的布置而引起,从而热电材料仅能

在应力下膨胀。

[0017] 这种蠕变趋势/塑性变形现在可以特别通过如下所述构造热电模块而被减小或防止：在热侧上至少在50℃到600℃[摄氏度]之间的温度范围内，沿主热流方向作用到元件上的第二压应力不超过第二阈值应力。第二阈值应力是作用到热电材料上的应力，在该应力下，所使用的热电材料开始塑性变形。

[0018] 热电材料的横向收缩可以特别通过如下所述构造热电模块而被减小或防止：在热侧上至少在50℃到600℃[摄氏度]之间的温度范围内，沿主热流方向作用到元件上的第二压应力不超过第一阈值应力。第一阈值应力是作用到热电材料上的应力，在该应力下，所使用的热电材料已经开始弹性变形。

[0019] 横向收缩是固体在体积近似不变的情况下的变形现象。它描述了固体在拉力或压力(在此是第二压应力)的影响之下的特性。物体所作出的反应是在力(在此是第二压应力)的方向上的长度变化(在此是沿主热流方向缩短)和在与该力垂直的方向上(沿横交于主热流方向的方向)其直径或其厚度的减小或增大(在此是膨胀、也就是热电材料的厚度的增大)。在单轴拉伸时的长度变化在线性弹性范围内可以通过简化的胡克定律规定。然而，简化形式的胡克定律没有给出关于厚度变化的信息。

[0020] 特别地，第一阈值应力(明显)小于第二阈值应力。

[0021] 对于这种构造而言，特别有必要使第一壁和/或第二壁的材料在热膨胀、导热、强度方面相应地与热电材料和/或填充材料相互匹配。特别在必要时额外地调整热电模块的构造的结构形式。例如可以设有膨胀元件，其能够实现第一壁和/或第二壁的弹性变形，从而使作用到元件上的(第二)压应力最小化。

[0022] 第一和第二阈值应力特别是分别针对所使用的热电材料而具体确定，特别是至少与热电材料的温度相关。此外，第一和第二阈值应力与作用到热电材料上的应力有关，该应力的方向与热电材料的膨胀的方向(在第一/第二阈值应力的情况下)或热电材料的蠕变趋势的方向(在第二阈值应力的情况下)相反。这特别意味着，如果作用到热电材料上的第一压应力提高，则可以影响(提高)热电材料的第一和第二阈值应力。这特别以自调节的方式实现，例如通过以下方式实现：热电材料之间的填充材料在加热时比热电模块总体上更剧烈地沿横交于主热流方向的方向膨胀。

[0023] 下述的热电材料在所述的温度且没有其它压力负荷(例如额外地通过第一压应力)时具有下面的第二阈值应力，当超过该第二阈值应力时要考虑到塑性变形：

[0024] Pb_2Te_3 (n型掺杂)：在室温时 100N/mm^2

[0025] 在300℃时 40N/mm^2

[0026] Pb_2Te_3 (p型掺杂)：在300℃时无塑性变形

[0027] BiTe (n型掺杂或p型掺杂)：在室温时 110N/mm^2

[0028] 在250℃时 30N/mm^2

[0029] CoSb_4 (n型掺杂或p型掺杂)：在300℃时无塑性变形

[0030] 在500℃时 300N/mm^2

[0031] 根据热电模块的另一个设计方案，横向收缩和/或蠕变趋势/塑性变形现在可以通过下述方式被减小或防止，即热电模块被加载至少一个压紧力，使得而横交于主热流方向的第一压应力作用到元件上，其中在此优选的是，尽可能多数的或甚至所有的元件被加载

这种压紧力。这至少在存在所谓的温度势的区域中实现,从而该第一压应力为沿主热流方向的第二压应力的至少50%。

[0032] 第二压应力特别通过热电材料沿从第一壁朝向第二壁的方向——也就是沿主热流方向——的无间隙的布置而引起。由于温度势导致在第一壁与第二壁之间布置的热电模块部件的热膨胀,使得第二压应力沿主热流方向产生或提高。该第二压应力反作用于各个部件沿主热流方向的热膨胀并且特别在热电材料中导致膨胀(通过横向收缩)和/或导致在横交于主热流方向的方向上的蠕变趋势。横向收缩和/或蠕变趋势能够以令人惊奇的方式通过施加横交于主热流方向的至少一第一压应力而被减小或完全终止。特别地,相应地设有其它的第一压应力,使得在所有横交于主热流方向的方向上都减小或完全终止这种横向收缩和/或这种蠕变趋势。因此也首次发现,与借助路径补偿手段允许热膨胀的传统观点相反,在热电模块中一种用于元件的压力框(Druckrahmen)实现了在运行时间中的效率提高。

[0033] 在热电模块的一种有利的设计方案中提出,所述填充材料至少在50℃到600℃的温度范围内具有比所述热电材料大的热膨胀系数。填充材料至少沿横交于主热流方向的方向这样布置在热电材料之间,使得热电材料通过填充材料(且必要时通过其它部件或连接层)相互支撑,也就是特别沿该方向彼此无间隙地布置。填充材料因此将热电材料相互固定在其相应的位置中。通过将填充材料构造成具有比热电材料大的热膨胀系数,在加热填充材料和热电模块中的其它部件时,可以(例如在运行期间首次)产生或(明显)增大在横交于主热流方向的方向上的压力或压应力。特别地,为此有必要确保热电模块在该横交于主热流方向的方向上的尽可能形状稳固的设计。压力随后不必被从外部这样施加到热电模块上,从而压应力相应地在热电模块内部形成,使得大多数的(或所有的)元件被加载足够的压应力。替代地,可以在大多数的(或所有的)元件之间通过填充材料与热电材料交替的方式产生该压应力。

[0034] 在热电模块的另一种有利的设计方案中提出,所述填充材料至少在50℃到600℃的温度范围内具有比热电材料低的导热率[瓦特/(米*开尔文)]。特别地,填充材料的导热率的值为热电材料的值的最多10%、优选最多1%。

[0035] 热电模块的另一种有利的设计方案提出,所述填充材料至少沿平行于主热流方向的方向看未完全填满第一壁与第二壁之间的间隙。特别有利的是,填充材料将热电材料的位置相对于彼此固定,但同时未遮盖热电材料的分别朝向相邻布置的热电材料的整个侧面。特别地,该侧面的最多80%、优选最多50%和特别优选最多20%通过填充材料被加载压应力,其中,这不必同样适合于各个模块的所有的元件或热电材料。压紧力或压应力通过填充材料传递到热电材料上。特别地,在第一壁与第二壁之间的热绝缘可以通过相应的填充材料布置以特别有利的方式实施,并且填充材料不必强制性地满足该热绝缘特性。例如,除了填充材料之外,还可以使用空气、真空或其它热绝缘材料。

[0036] 在热电模块的一种有利的改进方案中提出,在冷侧上布置有紧固装置,用于沿横交于主热流方向的方向产生作用到热电模块上的压紧力。特别地,这种布置包括例如与第二壁相连的紧固装置。该紧固装置特别设计为相对于第一壁热绝缘。由此,尽管存在温度势,紧固装置仍具有低的热膨胀并且可以确保在所观察的温度范围上热电模块在横交于主热流方向的方向上的形状稳固性。紧固装置可以特别是机械的装置或液压的装置。特别地,该紧固装置通过冷侧或第二壁的特别形状坚固的设计形成,从而在观察的温度范围内能够

由紧固装置产生相对于热电材料和填充材料的(基本上不变的或适配的)压紧力。

[0037] 特别地,紧固装置(额外地)设置在第一壁(热侧)上。

[0038] 紧固装置特别可以包括能够弹性变形的元件,该元件可以在变形加大时将相应更高的压应力引入热电模块中。例如可以设置压缩弹簧,在热电模块逐渐膨胀时,或在元件在横交于主热流方向的方向上膨胀时,该压缩弹簧产生相应上升的压应力。通过这种上升的压应力,减小或防止了热电材料在横交于主热流方向的方向上的弹性膨胀和/或塑性变形。

[0039] 本发明还涉及一种运行热电模块的方法,其中,所述热电模块具有第一壁和第二壁以及布置在第一壁与第二壁之间的、由热电材料制成的元件,所述元件相互导电连接。在热电模块运行期间,在第一壁与第二壁之间存在温度势,主热流方向相应地从第一壁朝向第二壁走向。该用于运行的方法至少具有以下步骤:

[0040] a) 在第一壁与第二壁之间产生温度势;

[0041] b) 施加至少一个压紧力,以便产生横交于主热流方向的第一压应力,其中压应力至少作用到大多数的元件上;

[0042] c) 确保第一压应力至少在一区域中为沿主热流方向的第二压应力的至少50%、特别为至少75%以及优选至少与沿主热流方向的第二压应力一样大,在所述区域中,在第一壁与第二壁之间的温度势为至少50开尔文。

[0043] 关于相应的热电模块的实施方式相应地适用于运行热电模块的方法,并且反之亦然。特别地,在此根据本发明所述的方法适合于运行分别根据本发明的热电模块。

[0044] 根据步骤a)产生温度势包括为第一壁加载热介质和为第二壁加载冷介质。特别地,将排气或液态介质设计为热介质,而将例如水或类似液体或者也包括气态介质设计为冷介质。

[0045] 步骤b)包括施加至少一个压紧力,该压紧力可以特别通过紧固装置从外部施加到热电模块上,和/或也可以在热电模块内部例如通过热电材料和填充材料的相应的膨胀系数产生。

[0046] 根据步骤c)确保压应力的比例特别是包括甚至在运行开始之前就已经相应地在结构方面设计了热电模块。特别地,确保压应力的比例包括监控和相应的作用,从而计算、测量或通过其它方式确定第一和/或第二压应力并产生相应的第一压应力。特别地,“确保”也可以理解为监控、调节和/或调整压紧力(必要时也在运行期间进行)。

[0047] 根据该方法的一个有利的设计方案,所述横交于主热流方向的第一压应力通过至少一个压紧力的外部调节而受到影响。该外部调节例如可以通过紧固装置实现,通过该紧固装置能够产生可调节的机械的和/或液压的压紧力。

[0048] 根据一个有利的改进方案,所述第一压应力以自调节的方式改变。这可以特别通过热电材料和填充材料材料特性的对应设计来确保。“自调节”在此特别表示,未进行压应力的主动的外部调节,而是特别这样设计构造,使得预设的压应力比例在热电模块运行期间在不同的温度范围内自动地或被动地匹配。以特别有利的方式将外部调节和自调节措施相互结合起来。

[0049] 此外提出了一种热电发电机,该热电发电机至少具有两个根据本发明的热电模块,其中,所述热电模块通过热电发电机的(特别是唯一的)部件共同加载至少一个压紧力,以便产生第一压应力。因此以特别有利的方式,不是热电发电机的每个单独的热电模块都

被加载分别单独产生的压紧力,而是例如这样设计共同的紧固装置的构造,即能够相应地同时加载多个热电模块。特别地,多个热电模块也可以相应地连续依次地布置,从而在热电模块之间也传递了压紧力。

[0050] 此外提出了一种机动车,该机动车至少具有根据本发明的热电模块或至少具有根据本发明的热电发电机。在此,该模块和/或该发电机也可以设计为借助根据本发明的方法运行。

附图说明

[0051] 下面参照附图详细说明本发明以及技术领域。附图示出特别优选的实施例,然而本发明不限于该实施例。图中示意性示出:

[0052] 图1在侧视图中示出热电模块,

[0053] 图2示出图1的热电模块的细节,

[0054] 图3示出管状的热电模块,

[0055] 图4示出压应力的走向,

[0056] 图5示出热电发电机,

[0057] 图6示出机动车。

具体实施方式

[0058] 图1在侧视图中示出热电模块1,其外侧由第一壁2和第二壁3形成。第一壁2和第二壁3围绕间隙12,在该间隙中布置有热电模块1的、由热电材料5制成的元件4和其它部件19(绝缘件23、连接件24、连接层31、元件4,等等)。第一壁2对应于热侧17,而相应地,相对设置的第二壁3对应于冷侧13。在第一壁2和第二壁3上分别布置有绝缘件23作为第一壁2与热电材料5之间的连接层31。彼此相邻布置的、由热电材料5制成的元件4分别交替地通过连接件24(印刷导线、线缆,等等)相互导电连接。

[0059] 热电材料5通过填充材料6相互隔开。在此示出填充材料6的不同实施例。在此,填充材料6不在热电材料5的整个侧面32上延伸,而是仅加载侧面32的部分区域。必要时也在彼此相邻布置的元件4之间设置多个填充材料6。还示出了这样的填充材料6,其在热电材料5的整个侧面32上延伸并且还延伸超过连接件24,直到第一壁2或第二壁3上的绝缘件23。

[0060] 在热侧17与冷侧13之间形成温度势,从而有一热流沿主热流方向8从热侧17朝向冷侧13优选经过热电材料5流动。通过该热流,热电材料5基于塞贝克效应产生了电流,该电流通过连接件24被导出到位于热电模块1外部的相应的集电器(电池、耗电器,等等)。压紧力15从热电模块1外部沿横交于主热流方向8的方向16作用到元件4上。

[0061] 图2示出图1的细节,其中在此放大地示出了由热电材料5制成的元件4。在热侧17与冷侧13之间形成温度势10,该温度势又在热侧17与冷侧13之间产生穿过热电材料5的热流。热电材料5通过连接件24导电地交替相互连接,并通过绝缘件23与第一壁2或第二壁3隔开。

[0062] 图1中所示的压紧力15通过布置在热电材料5之间的填充材料6产生第一压应力7,该第一压应力沿横交于主热流方向8的方向16作用到热电材料5上。基于热负荷,热电材料5沿平行于主热流方向8的方向被第二压应力11加载,该第二压应力通过热电材料5在横交于

主热流方向8的方向16上的横向收缩和/或蠕变引起了膨胀。填充材料6布置在热电材料5的侧面32上。通过第一压应力7,避免了由于热电材料5在横交于主热流方向8的方向16上的横向收缩和/或蠕变引起膨胀。

[0063] 在图2中还示出,第二压应力11可以通过第一壁2和/或第二壁3中的和/或在第一壁2与第二壁3之间的膨胀元件33而被减小。

[0064] 在此还示出,热电材料5的侧面32可以具有其它的连接层31,在此例如具有电绝缘件。此外在此示出,热电材料5具有两个相对设置的侧面30,该侧面在一侧通过连接件24和/或绝缘件23与第一壁2和第二壁3导热连接。

[0065] 图3示出管状的热电模块1,其具有第一壁2和第二壁3。第二壁3在此形成管状的热电模块1的内部通道,该内部通道在此设计为冷侧13并因此例如能够由冷却水通流。热电模块1的由第二壁2形成的外周面设计为热侧17并例如可以由热排气流过。从热侧17朝向冷侧13,沿主热流方向8的方向产生热流。由此实现了热电材料5在平行于主热流方向8的方向上的膨胀并相应地产生了第二压应力11。该第二压应力11通过热电模块1的各单独的部件19——例如热电材料5、第一壁2和第二壁3——的不同程度的膨胀产生。该第二压应力11现在通过施加压紧力15——该压紧力引起了热电材料5之间的第一压应力7——被这样补偿:不会在横交于主热流方向8的方向16上发生由于热电材料5的横向收缩和/或蠕变/塑性变形而引起的膨胀。

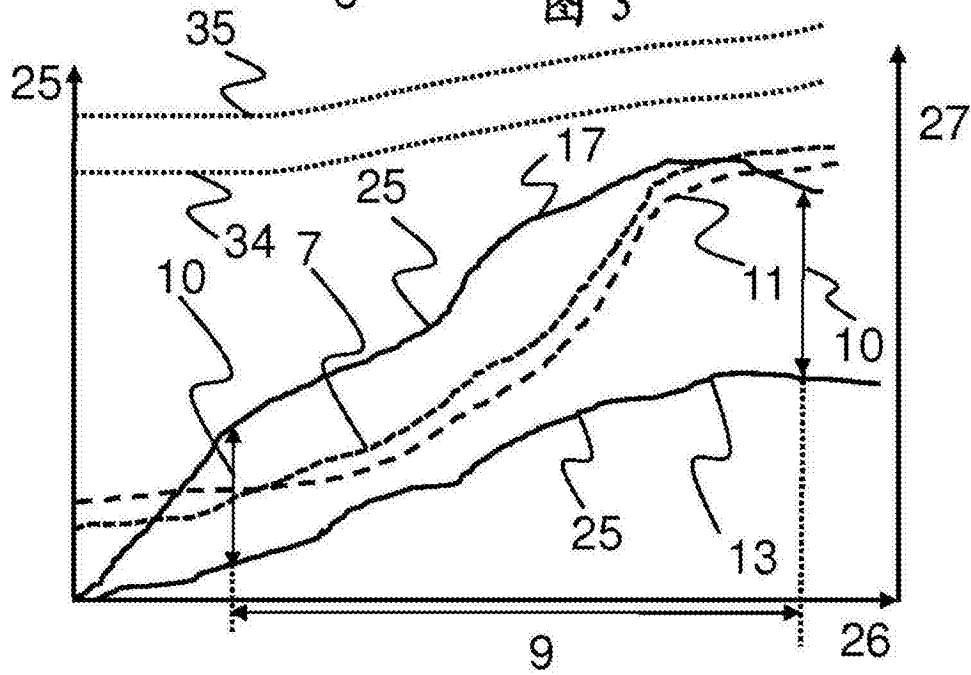
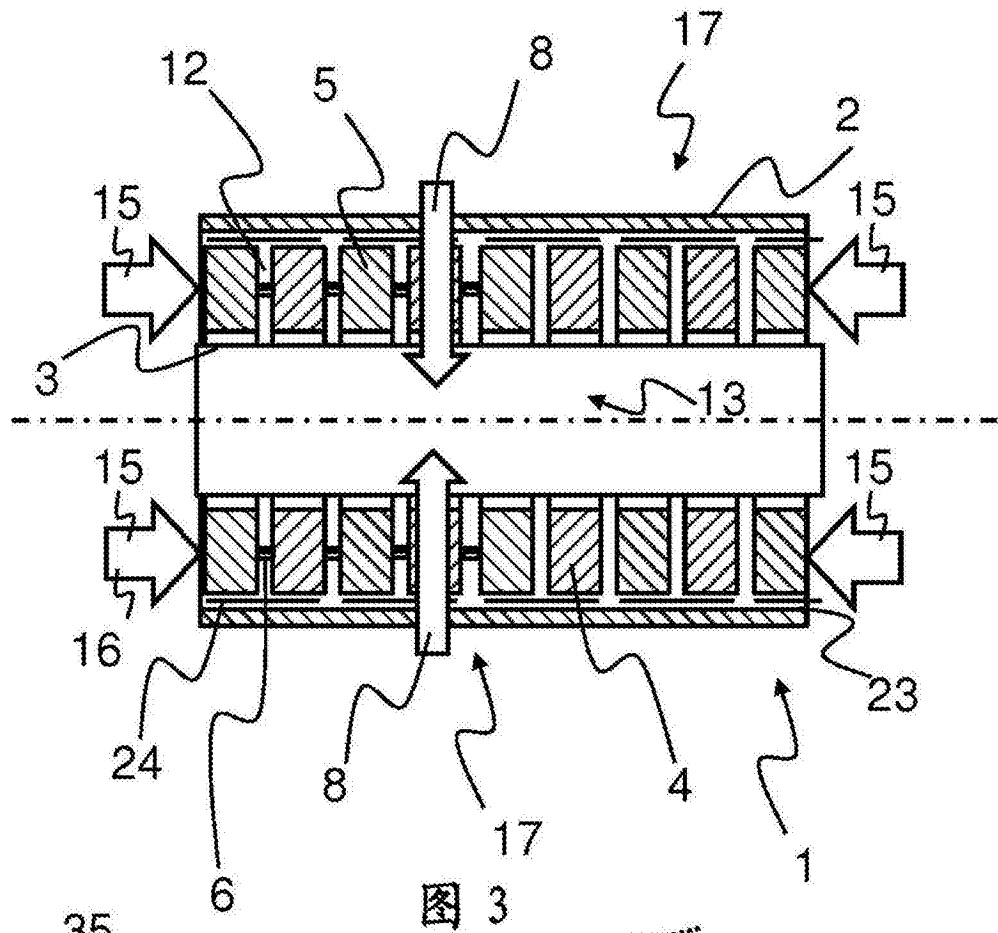
[0066] 此外在此示出了在热电材料5之间的间隙12,在该间隙中布置有填充材料6,通过该间隙将彼此相邻布置的热电元件4相互隔开。此外分别在第一壁2和第二壁3上设有绝缘件23和连接件24。

[0067] 图4示意性地示出热电模块1的运行范围内的压应力的曲线。在左侧的纵轴上记录了温度25,在右侧的纵轴上记录了压应力27的值。横轴描述了运行时间26。可以看出,随着运行时间26的渐进,在热侧17处的温度25上升和/或采用一特定曲线。相应地,通过主热流,在热电模块1的冷侧13处的温度25也上升。在显示于横轴上的运行范围9内形成温度势10。在该运行范围9内,沿平行于主热流方向8的方向作用于热电材料5上的第二压应力11小于沿横交于主热流方向8的方向16作用于热电材料5上的第一压应力7。元件4的、由于在横交于主热流方向8的方向上的横向收缩(当超过第一阈值应力34时)或塑性变形(当超过第二阈值应力35时)而引起的膨胀趋势通过为元件4加载第二压应力11而减小或防止。通过热电元件4的这种“紧固(Einspannung)”,特别防止了超过热电材料的第一阈值应力34和/或第二阈值应力35。

[0068] 图5示出热电发电机18,其具有两个热电模块1。这两个热电模块分别具有热侧17和冷侧13,在热侧与冷侧之间沿主热流方向8形成热流。热电模块1在其各自的冷侧13或其形成了冷侧13的第二壁3上具有紧固装置14。该紧固装置14支撑在热电发电机18上或其壳体上,并同样地作用于两个热电模块1的各自的冷侧13上。

[0069] 图6示出机动车20,其具有内燃机29、冷却装置28和排气系统22。冷的介质21从冷却装置28出发流过热电模块1,该热电模块布置在热电发电机18内部。此外,热的介质21从内燃机或排气系统22出发流过热电模块1。通过为热电模块1加载排气作为热的介质21和加载冷却液作为冷的介质21,在热电模块上形成了温度势,从而能够在热电发电机18中产生电流。

- [0070] 附图标记列表：
- [0071] 1 热电模块
 - [0072] 2 第一壁
 - [0073] 3 第二壁
 - [0074] 4 元件
 - [0075] 5 热电材料
 - [0076] 6 填充材料
 - [0077] 7 第一压应力
 - [0078] 8 主热流方向
 - [0079] 9 运行范围
 - [0080] 10 温度势
 - [0081] 11 第二压应力
 - [0082] 12 间隙
 - [0083] 13 冷侧
 - [0084] 14 紧固装置
 - [0085] 15 压紧力
 - [0086] 16 方向
 - [0087] 17 热侧
 - [0088] 18 热电发电机
 - [0089] 19 部件
 - [0090] 20 机动车
 - [0091] 21 介质
 - [0092] 22 排气系统
 - [0093] 23 绝缘件
 - [0094] 24 连接件
 - [0095] 25 温度
 - [0096] 26 运行时间
 - [0097] 27 压应力
 - [0098] 28 冷却装置
 - [0099] 29 内燃机
 - [0100] 30 侧面
 - [0101] 31 连接层
 - [0102] 32 侧面
 - [0103] 33 膨胀元件
 - [0104] 34 第一阈值应力
 - [0105] 35 第二阈值应力



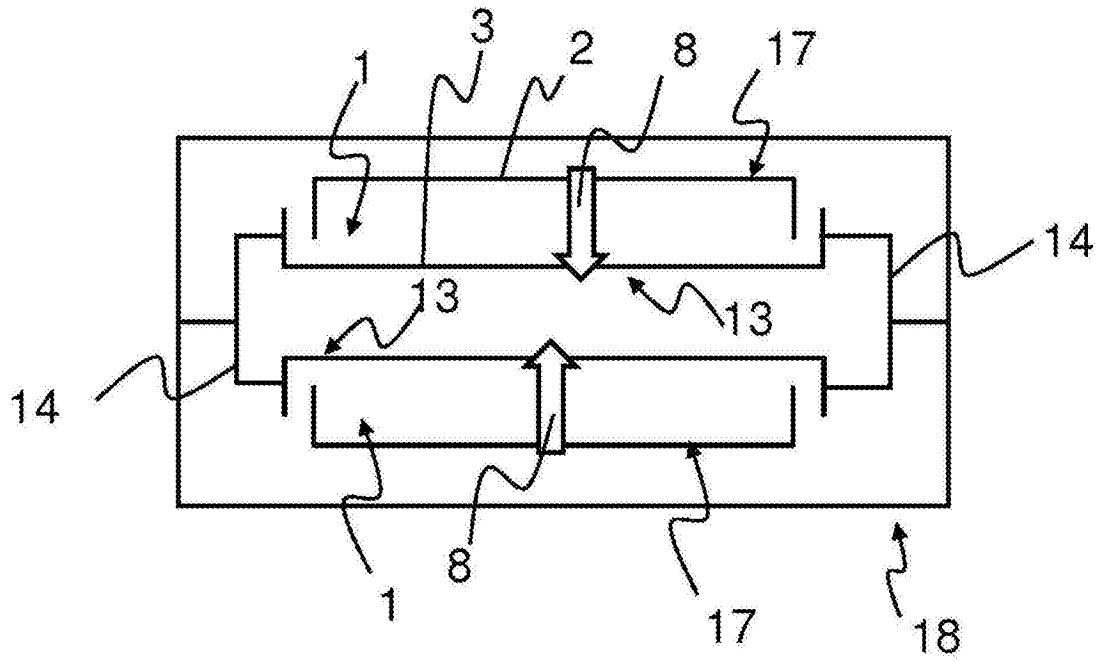


图5

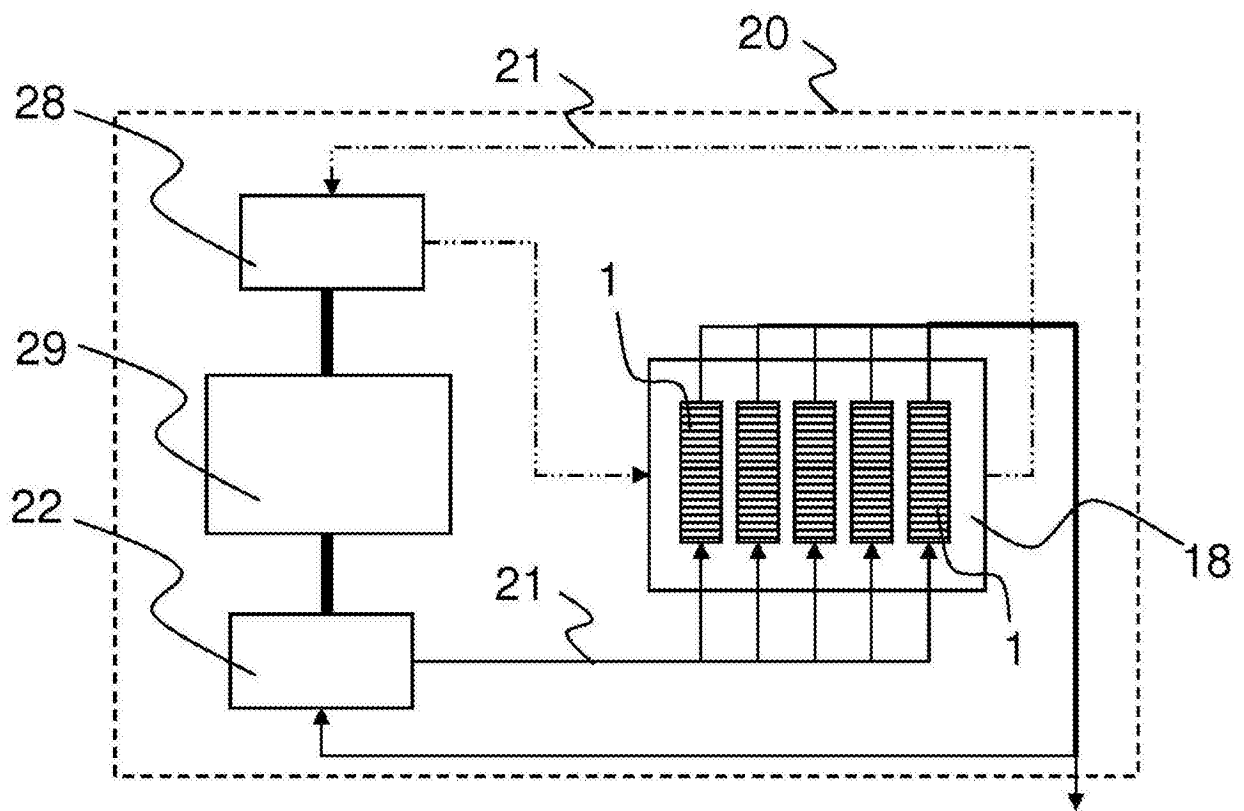


图6