



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105576112 B

(45)授权公告日 2019.02.26

(21)申请号 201410626515.2

(22)申请日 2014.11.10

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105576112 A

(43)申请公布日 2016.05.11

(73)专利权人 中国科学院上海硅酸盐研究所

地址 200050 上海市长宁区定西路1295号

(72)发明人 黄向阳 顾明 仇鹏飞 柏胜强

唐云山 廖锦城 陈立东

(74)专利代理机构 上海瀚桥专利代理事务所

(普通合伙) 31261

代理人 曹芳玲 姚佳雯

(51)Int.Cl.

H01L 35/02(2006.01)

(56)对比文件

GB 874660 A,1961.08.10,

US 4056406 A,1977.11.01,

CN 203721772 U,2014.07.16,

US 2009133734 A1,2009.05.28,

CN 103022337 A,2013.04.03,

T. Caillat.Development of a High Efficiency Thermoelectric Unicouple for Power Generation Applications.《IEEE》.2002,473-476.

审查员 靳金玲

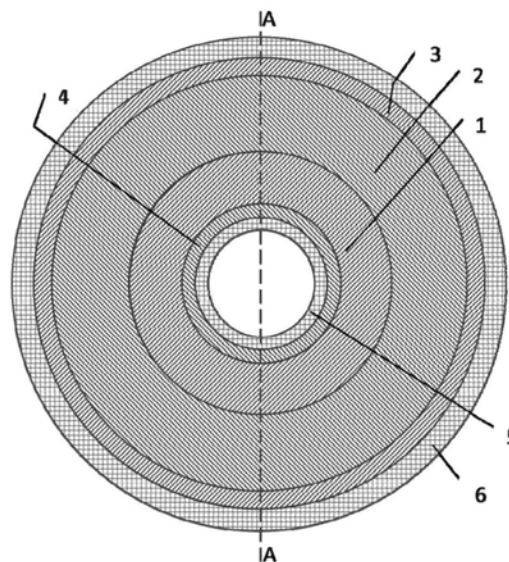
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

环形热电器件

(57)摘要

本发明的环形热电器件,具备:沿轴向依次交替排列的多个环形P型热电元件和N型热电元件;设置于每个所述P型热电元件和N型热电元件之间的环形的隔离层;在外侧壁上连接每对所述P型热电元件和N型热电元件的外环导流电极;在内侧壁上以与外环导流电极交错的形式连接相邻对的所述N型热电元件和P型热电元件的内环导流电极;以及分别位于所述环形热电器件的内周侧和外周侧的管状部件;各热电元件包括依次径向向外排列的至少两个环形热电材料部件。



1. 一种环形热电器件,其特征在于,具备:
沿轴向依次交替排列的多个环形P型热电元件和N型热电元件;
设置于每个所述P型热电元件和N型热电元件之间的环形的隔离层;
在外侧壁上连接每对所述P型热电元件和N型热电元件的外环导流电极;
在内侧壁上以与外环导流电极交错的形式连接相邻对的所述N型热电元件和P型热电元件的内环导流电极;以及
分别位于所述环形热电器件的内周侧和外周侧的管状部件;
各热电元件包括依次径向向外排列的至少两个环形热电材料部件,所述至少两个环形热电材料部件中的至少一个由多个环形分布的半导体材料单元组成。
2. 根据权利要求1所述的环形热电器件,其特征在于,
所述至少两个环形热电材料部件由不同热电材料所构成。
3. 根据权利要求1或2所述的环形热电器件,其特征在于,
所述至少两个环形热电材料部件的轴向高度相同。
4. 根据权利要求1或2所述的环形热电器件,其特征在于,
所述至少两个环形热电材料部件的径向厚度相同。
5. 根据权利要求1或2所述的环形热电器件,其特征在于,
在外侧壁上连接每对所述半导体材料单元的外环导流电极;
在内侧壁上连接每对所述半导体材料单元的内环导流电极;
所述外环导流电极和所述内环导流电极的分布取决于所述半导体材料单元是并联连接还是串联连接;
所述至少两个环形热电材料部件均由多个环形分布的半导体材料单元组成。
6. 根据权利要求5所述的环形热电器件,其特征在于,
各环形热电材料部件的半导体材料单元的数量相同。
7. 根据权利要求6所述的环形热电器件,其特征在于,
所有环形热电材料部件的半导体材料单元均是同一类型半导体材料,相隔开的所述半导体材料单元之间并联连接。
8. 根据权利要求5所述的环形热电器件,其特征在于,
所述外环导流电极和/或所述内环导流电极连续分布或间断分布。

环形热电器件

技术领域

[0001] 本发明属于热电转换技术领域,具体地,涉及一种环形热电器件。

背景技术

[0002] 作为一种环境友好的再生能源技术,热电转换技术近几年在国际上受到了广泛的瞩目。热电发电技术是利用半导体材料的塞贝克效应,直接将温差转化为电能的新技术。该技术具有可靠性高、无污染和无噪音的优点,在工业余热和汽车尾气废热的回收利用以及军用电源等高新技术领域将具有良好的应用前景。

[0003] 一个热电器件往往由多个n型和p型半导体热电元件组成。由于每个热电元件的输出电压很低,为了获得较高的电压以便于实际使用,通常用金属或者合金电极将一个n型热电元件和一个p型热电元件连接成热电单偶,然后将多个热电单偶按导电串联、导热并联的结构连接起来构成热电器件。

[0004] 目前主要的热电器件构造为 π 形构造。在该结构中,n型和p型热电元件以电串联和热并联的形式集成于两个电绝缘而热传导良好的陶瓷平板之中,这种构造主要适用于平板状热源的环境,即热流方向垂直于两个平行的陶瓷板。

[0005] 但是,当热源为非平板状时,这种传统的 π 形构造热电器件就不再适用。例如汽车尾气排放管道,如采用 π 形热电发电模块来制造与热源相匹配的热电发电机(US8656710B2,US2005/0172993A1,US013/0160809A1),由于需要在热电模块表面施加力保证模块和热源之间的良好接触,从而使得发电器的结构变得非常复杂,制作成本高,而且发电器的性能和使用可靠性低。特别对于像直径为约1cm的小柱状热源,这种热电发电器的集成变得非常困难。但是对于这种柱状热源,使用环形构造的热电器件就使得发电器的集成相对简单和性能更为优异。

[0006] 在环形构造的热电器件中,n型和p型环形中空热电元件沿柱状热源交替地同轴排列,彼此之间填充热和电均绝缘的材料。这种构造可以最大限度地利用柱状热源所传导的热量,故热量利用效率相对于 π 形构造的热电器件将大幅度提高。由于目前很多热源,如汽车尾气排放管道属于非平板状热源,因此,环形构造的热电器件在实际应用中具有很大的前景。需要特别强调的是,对于汽车尾气废热发电,发电机冷端冷却通常采用汽车上现成的冷却水。将环形器件的外圆设计成热端,而内圆设计成冷端。由于液体与固体间的传热要优于气体与固体间的传热,所以利用环状器件内外圆表面的面积差异可以平衡器件在冷热端的热交换能力,这是环形热电发电器的另一个优点。美国专利US2012/0174567A1和中国专利CN201420052870.9公开了以环形热电器件集成的热电发电机结构,依据设计结构不同,热源可以从径向和轴向与热电元件进行热交换,与传统由 π 型器件集成的发电机相比,明显提高了热交换效率。

[0007] 尽管环形热电发电器件的概念已经诞生了很多年,但由于热电材料性能的限制导致目前国际上与实际应用密切相关的环形构造热电器件的研究报道不多。1969年美国西屋电器公司最早报道了环形热电器件概念(Proc. 4th Intersoc Energy Couvers Eng.

Conf. Wahington DC, 1969, New York, 1969, 300-307)。到目前为止,已公开或者报道的环形热电器件的结构有如下几种:

[0008] (1)单环含有若干对扇形元件的环形器件。1977年美国专利US4056406公开了一种环形热电元件结构,每一个环由相同数量的n型和p型的扇形元件构成,从而可以有效地消除热电元件使用过程中的热应力影响。

[0009] (2)单环是完整的环形热电元件,n型和/或p型环形热电元件以多环交替布局方式集成器件。2000年美国专利US6096966公开了完整环形热电器件概念,报道了以 $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ 热电材料,Si为阻挡层Cu为电极的环状热电器件的制备方法。2007年Gao等人报道了用Cu作为电极连接的 Bi_2Te_3 热电材料环形热电模块 (M. Gao and D.M. Rowe, Ring-structured Thermoelectric Module, *Semicond. Sci. Technol.* 22 (2007) 880-883)。美国专利US2009/0133734A1公开了一种改进的环形元件结构和制备方法,每个环的内外圆上有一个小平台以便于电极连接相邻近的环形元件。A. Schmitz报道了一种制备PbTe环形热电材料部件和表面金属化的方法(A. Schmitz,C. Stiewe and E. Muller, Preparation of Ring-Shaped Thermoelectric Legs from PbTe Powders for Tubular Thermoelectric Modules, *J. Elec. Mater.*, 42 (2013) 1702-1706),集成器件时采用Ni为电极和白云母为绝缘材料,与Gao论文报道的环形热电器件结构不同之处在于金属化是在环形部件的内外圆上,而Gao论文报道的材料部件金属化是在环形侧面。中国专利CN201410039382.9公开了一种一步法快速制备环形热电元器件的方法,依据该专利环形材料部件和内外圆表面的金属化可以同时完成。

[0010] (3)单环是完整的环形热电元件,截面形状为多边形等。从实质上讲,这种结构仍然属于第二类。例如中国专利CN201310549191.2和CN201310443542.1公开了几种环形热电材料部件的形状和制备方法。

[0011] 但是,现有的环形热电元件结构存在如下问题。首先,采用单一热电材料的环形热电器件不能充分利用中温或者高温热源资源,发电效率低;其次,为了确保环形热电器件在使用过程中不变形,需要在内外圆表面采用一定厚度和强度的陶瓷管(考虑耐腐蚀和电绝缘)来固定。环形热电器件在内外陶瓷管固定下,大温差环境下使用时热应力不能释放将造成环形热电元件的损坏。因此,本领域迫切需要开发一种新型的环形热电元件结构,该环形热电元件结构应具有结构合理、发电效率高和便于规模化生产等特点,从而促进环形构造热电器件的真正应用。

发明内容

[0012] 本发明是鉴于上述问题做出的,其目的是提供一种有利于成本控制,性能优化和批量化生产工艺的环形热电器件。

[0013] 解决问题的手段:

[0014] 为了达到上述目的,根据本发明的环形热电器件,具备:沿轴向依次交替排列的多个环形P型热电元件和N型热电元件;设置于每个所述P型热电元件和N型热电元件之间的环形的隔离层;在外侧壁上连接每对所述P型热电元件和N型热电元件的外环导流电极;在内侧壁上以与外环导流电极交错的形式连接相邻对的所述N型热电元件和P型热电元件的内环导流电极;以及分别位于所述环形热电器件的内周侧和外周侧的管状部件;各热电元件

包括依次径向向外排列的至少两个环形热电材料部件。

[0015] 根据本发明,可以充分利用宽广温区的热源资源,显著提高环形热电器件的发电效率和输出功率密度。另外,这种分布式的分段结构设计与传统的环形热电元件相比高温下可以释放更多热应力,提高了环形热电器件的使用寿命。

[0016] 又,在本发明中,所述至少两个环形热电材料部件由不同热电材料所构成。

[0017] 根据本发明,每个环形热电元件含有两种或者三种在不同温区具有较佳热电性能的热电材料,可以充分利用宽广温区的热源资源。

[0018] 又,在本发明中,所述至少两个环形热电材料部件的高度相同。

[0019] 根据本发明,高度相同的各环形热电元件集成环形热电器件时可以有效提高器件的组装质量和减少不可控的内部热量传递。

[0020] 又,在本发明中,所述至少两个环形热电材料部件的厚度相同,也可以不同。

[0021] 根据本发明,依据热源温度和径向排列的不同环形热电材料之间的温度状况来设计环形热电材料部件的高度。

[0022] 又,在本发明中,所述至少两个环形热电材料部件中的至少一个由多个环形分布的材料单元组成。

[0023] 根据本发明,将环形材料部件拆成多个环形分布的材料单元可以有效地释放因热胀冷缩而形成的热应力,避免环形热电材料部件损坏。各材料单元可以是扇形或者多边形,例如梯形。相应地,内/外环导流电极及各管状部件也可以是扇形或者多边形。

[0024] 又,在本发明中,所述至少两个环形热电材料部件均由多个环形分布的材料单元组成。

[0025] 根据本发明,可以有效地释放因热胀冷缩而形成的热应力,避免各环形热电材料部件损坏,尤其避免处于低温端的环形材料部件也具有较大的热膨胀系数时导致的器件损坏。

[0026] 又,在本发明中,各环形热电材料部件的材料单元的数量相同。

[0027] 根据本发明,容易集成组装具有释放高热应力的环形热电器件。

[0028] 又,在本发明中,所有环形热电材料部件的材料单元均是同一类型半导体材料,相隔开的所述材料单元之间并联连接。

[0029] 根据本发明,由分隔空间隔离的相邻分段材料单元部件是同一类型半导体材料,且采用并联原则连接,形成n型或者p型环形分段热电元件。p型和n型环形分段热电元件沿着轴向交替排列集成环形分段热电器件,各环形元件之间按照p型和n型串联原则连接,相邻两环形分段元件之间用绝缘隔热材料部件分隔。

[0030] 又,在本发明中,相隔开的所述材料单元形成为n型与p型半导体材料交替排列且相互串联连接的结构从而形成单环多对热电元件。优选地,当所述单环多对热电元件组装成环形热电器件时,各单环多对热电元件之间并联连接。

[0031] 根据本发明,由分隔空间隔离的相邻分段材料单元不是同一类型半导体材料,而是n型与p型交替排列并采用串联原则连接,形成单环多对热电元件。各单环多对热电元件沿着轴向排列,各单环多对热电元件的输出端采用并联原则连接,相邻两单环元件之间用绝缘隔热材料部件分隔。

[0032] 又,在本发明中,所述外环导流电极和/或所述内环导流电极连续分布或不连续的

分段分布。

[0033] 根据本发明,外环导流电极和/或所述内环导流电极的不连续的分段分布可以避免因热胀冷缩而导致的各环形热电材料部件和/或导流电极的损坏。

[0034] 又,在本发明中,由环形分段元件构成的环形分段热电器件中,内环(外环)表面可以用作冷(热)端,也可以用作热(冷)端。

[0035] 本发明的环形分段构造热电元件借助于各段热电材料高热电性能的温区依赖特性,能够充分利用中温或者高温热源资源,提高环形器件的冷热端温差,提升器件的输出功率密度和发电效率。

[0036] 本发明中的环形热电元件部分或者全体由小型的材料部件集成而成,这种分布式的集成结构可以释放大温差环境下形成的热应力,因而,本专利发明的环形热电元器件具有输出稳定、可靠性高和使用寿命长的优点。

[0037] 根据下述具体实施方式并参考附图,将更好地理解本发明的上述内容及其它目的、特征和优点。

附图说明

[0038] 图1是示出根据本发明的环形热电器件的第一实施形态的剖面图;

[0039] 图2是示出图1所示的包含六个环形元件的环形热电器件的立体图;

[0040] 图3是图1中A-A方向的剖面图;

[0041] 图4中的(a)是扇形材料小部件的剖面图,图4中的(b)是示出根据本发明的环形热电器件的第二实施形态的剖面图;

[0042] 图5是示出根据本发明的环形热电器件的第三实施形态的剖面图;

[0043] 图6是示出根据本发明的环形热电器件的第四实施形态的剖面图;

[0044] 图7是示出根据本发明的环形热电器件的第五实施形态的剖面图;

[0045] 图8是示出根据本发明的环形热电器件的第六实施形态的剖面图;

[0046] 图9是示出根据本发明的环形热电器件的第七实施形态的剖面图。

具体实施方式

[0047] 下面结合具体实施例和附图来说明本发明。应理解,这些实施例仅用于对本发明进行进一步说明,不能理解为对本发明保护范围的限制。

[0048] 本发明提供一种结构合理且性能优异的环形分段构造热电器件。以下说明中,制备的热电材料样品称为热电材料部件,所述部件局部表面金属化之后称为热电元件,所述热电元件通过导流电极材料、绝缘隔离材料和内外环固定材料集成的器件称为热电器件。环形产品内外环之间的径向距离称为环的厚度,环形产品两侧面之间的垂直距离称为高度。

[0049] 本发明提供的环形热电器件的第一实施形态的环形分段构造热电元件结构如图1所示。环形分段结构元件含有内圈热电材料部件1和外圈热电材料部件2,外环表面金属化层及其导流电极3,内环表面金属化层及其导流电极4,内外圆固定支撑和保护材料部件5和6。在图1所示的环形分段结构热电元件结构图中,内环导流电极4和外环导流电极3连续排布。

[0050] 本发明中,p型和n型环形元热电器件沿着轴向交替排列集成环形分段热电器件(如图2和图3所示)。图2示出了包含六个环形元件的环形分段结构热电器件。为了清楚表达环与环之间的外圆环部分连接,左端四个环形元件外表面显示的内容是去除陶瓷支撑保护管6之后的情形。图3是沿图1中A-A方向的剖面图,包含六个环形元件的环形分段结构热电器件的内部连接图。如图2和图3所示,集成时,各环形热电元件按照串联原则连接,相邻两环形热电元件之间用绝缘隔热材料部件7分隔开,环形分段器件内外有保护支撑用管状部件5和6。

[0051] 本发明中,内圈材料部件1和外圈材料部件2的高度相同,内圈材料部件1的厚度和外圈材料部件2的厚度可以相同,也可以不同。材料部件的高度和厚度值取决于材料性能和冷热端温度。通常而言,绝缘材料部件7的高度为0.5~2 mm。

[0052] 图4是示出根据本发明的环形热电器件的第二实施形态的剖面图。在该实施形态中,内环导流电极4和外环导流电极3连续排布。且如图4所示,外圈材料部件2可以不是一个完整的圆环,整个外圈材料部件2可以由若干个扇形材料小部件8组合而成。由多个扇形材料小部件8构成的外圈材料部件2可以有效地释放因热胀冷缩而形成的热应力,避免外圈材料部件2的损坏。各扇形小材料部件8之间的分隔空间9可以填充绝缘隔热材料,也可以不填充任何材料。

[0053] 图5是示出根据本发明的环形热电器件的第三实施形态的剖面图。在该实施形态中,外圈材料部件2不是一个完整圆环,是由若干截面为扇形的部件8组合而成。且如图5所示,外圈材料部件2的外圆环金属化层及其导流电极3可以是不连续的分段分布结构,这种结构可以避免因热胀冷缩而导致的外圈材料部件2和(或者)导流电极3的损坏。外圆环导流电极和内圆环导流电极可以都是这种不连续的分段结构(如图7-图9所示),也可以其中之一具有这种结构。

[0054] 本发明中,除了只有外圈材料部件2可以由多扇形小材料部件8组合而成之外,还可以只有内圈材料部件1由多扇形小材料部件8组合而成,还可以是外圈材料部件2和内圈材料部件1都由多扇形小材料部件8组合而成。图6是示出根据本发明的环形热电器件的第四实施形态的剖面图。在该实施形态中,内环导流电极4连续排布,外环导流电极3分段分布。外圈和内圈材料部件都不是一个完整圆环,而是由若干截面为扇形的部件8组合而成。当内圈材料部件1和外圈材料部件2都由小材料部件8组合而成时,内圈小材料部件数目可以与外圈小材料部件数目相同,也可以不同。

[0055] 图7是示出根据本发明的环形热电器件的第五实施形态的剖面图。在该实施形态中,内环和外环导流电极都是分段分布。且如图7所示,内圈材料部件1和外圈材料部件2都由小扇形材料部件组合而成且内外圈材料小部件数目相等时,所有材料部件是同一类型半导体材料(n-type 或者p-type),由分隔空间9隔离的相邻分段材料部件采用并联原则连接,从而形成n型或者p型环形分段热电元件(图7以p-type为例示出)。集成器件时,p型和n型环形元件沿着轴向交替排列集成环形分段热电器件(如图2和图3所示),各环形元件之间按照p型和n型串联原则连接,相邻两环形分段元件之间用绝缘隔热材料部件7分隔开。

[0056] 图8是示出根据本发明的环形热电器件的第六实施形态的剖面图。在该实施形态中,内环和外环导流电极都是分段分布。且如图8所示,内圈材料部件1和外圈材料部件2都由小扇形材料部件组合而成且内外圈材料小部件数目相等时,由分隔空间9隔离的相邻分

段材料部件不是同一类型半导体材料,而是n-type与p-type交替排列并采用串联原则连接,从而形成单环多对热电器件(图8以4对器件为例示出)。当采用这样的单环器件集成大型环形器件时,各单环器件沿着轴向排列,各单环器件输出端采用并联原则连接,相邻两单环器件之间用绝缘隔热材料部件7分隔开。

[0057] 本发明中,若内圈材料部件1和(或)外圈材料部件2由小材料部件组合而成时,小材料部件的截面形状可以是扇形,也可以是多边形,例如长方形和梯形。图9是示出根据本发明的环形热电器件的第七实施形态的剖面图。在该实施形态中,内圈材料部件和外圈材料部件截面形状是多边形。相应地,内外导流电极形状以及内外支撑保护管截面形状也可以是多边形。

[0058] 本发明中,由环形分段元件和单环器件构成的环形分段热电器件中,内环(外环)表面可以用作冷(热)端,也可以用作热(冷)端。

[0059] 本发明中,根据热电器件的使用温度和各材料性能的温区特性,环形分段元件中的材料部件可以多于两种。例如一个环形热电元件含有三种材料部件,有内圈材料部件、中圈材料部件和外圈材料部件。

[0060] 以下结合具体实施例对本发明进一步说明。

[0061] 实施例1

[0062] 本实施例是根据方钴矿材料和碲化铋材料的性能设计分段组成的环形热电元件和热电器件。本环形器件的使用温度为热端 $\sim 770\text{K}$,冷端 $\sim 320\text{K}$ 。

[0063] 采用的方钴矿材料为 $\text{Yb}_{0.3}\text{Co}_4\text{Sb}_{12}$ (n-type)和 $\text{Ce}_{0.9}\text{Fe}_4\text{Sb}_{12}$ (p-type),采用的碲化铋材料为 $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0.90}(\text{Sb}_2\text{Te}_3)_{0.05}(\text{Sb}_2\text{Se}_3)_{0.05}$ (n-type)和 $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0.25}(\text{Sb}_2\text{Te}_3)_{0.72}(\text{Sb}_2\text{Se}_3)_{0.03}$ (p-type)。

[0064] 环形元件的结构形式为图1。环形分段器件的外环面为热端,内环面为冷端。具体实施为方钴矿材料部件为外圈材料部件,碲化铋材料部件为内圈材料部件。

[0065] 方钴矿材料部件尺寸内径17mm,外径为25mm,外环表面有 $200\mu\text{m}$ 的Ti层,内环表面有 $20\mu\text{m}$ 的Ni层;碲化铋材料部件的尺寸为内径13mm,外径17mm,外环表面有 $20\mu\text{m}$ 的Ni层,内环表面有 $100\mu\text{m}$ 的Ni层。所有材料部件的高度为2mm。

[0066] 集成环形元件时,将对应类型的碲化铋部件置入方钴矿部件内部。

[0067] 绝缘材料为白云母,材料部件尺寸为内径18mm,外径25mm,高度1mm。

[0068] 集成环形器件时,p型和n型环形元件沿着轴向交替排列,中间用白云母部件隔开,采用CuMo高温端导流片和Ni低温端导流片将各环串联连接。

[0069] 实施例2

[0070] 本实施例是根据碲化铅材料和碲化铋材料的性能设计分段组成的环形热电元件和热电器件。本环形器件的使用温度为热端 $\sim 670\text{K}$,冷端 $\sim 320\text{K}$ 。

[0071] 采用的碲化铅材料为 $\text{Ag}_{0.86}\text{Pb}_{19+x}\text{SbTe}_{20}$ (n-type)和 $\text{Ag}_{0.9}\text{Pb}_9\text{Sn}_9\text{Sb}_{0.6}\text{Te}_{20}$ (p-type),采用的碲化铋材料为 $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0.90}(\text{Sb}_2\text{Te}_3)_{0.05}(\text{Sb}_2\text{Se}_3)_{0.05}$ (n-type)和 $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0.25}(\text{Sb}_2\text{Te}_3)_{0.72}(\text{Sb}_2\text{Se}_3)_{0.03}$ (p-type)。

[0072] 环形元件的结构形式为图7,碲化铅和碲化铋材料部件均匀分成8个小部件。环形分段器件的外环面为热端,内环面为冷端。具体实施为碲化铅材料部件为外圈材料部件,碲化铋材料部件为内圈材料部件。

[0073] n型碲化铅材料部件尺寸内径17mm,外径为23mm,外环表面有50 μ m的Ti层,内环表面有20 μ m的Ni层;p型碲化铅材料部件尺寸内径18.5mm,外径为23mm,外环表面有50 μ m的Ti层,内环表面有20 μ m的Ni层。n型碲化铋材料部件的尺寸为内径13mm,外径17mm,外环表面有20 μ m的Ni层,内环表面有50 μ m的Ni层;p型碲化铋材料部件的尺寸为内径13mm,外径18.5mm,外环表面有20 μ m的Ni层,内环表面有50 μ m的Ni层。n型材料部件的高度为2.7mm,p型材料部件的高度为2mm。

[0074] 集成环形元件时,将对应类型的碲化铋材料部件和方钴矿材料部件按照图7结构组装。

[0075] 绝缘材料为白云母,材料部件尺寸为完整圆环,内径16mm,外径23mm,高度为1mm。

[0076] 集成环形器件时,p型和n型环形元件沿着轴向交替排列,中间用白云母部件隔开,采用Fe高温端导流片和Ni低温端导流片将各环串联连接。

[0077] 本发明的环形分段构造热电元件借助于各段热电材料高热电性能的温区依赖性,能够充分利用中温或者高温热源资源,提高环形器件的冷热端温差,提升器件的输出功率密度和发电效率。

[0078] 本发明中的环形热电元件部分或者全体由小型的材料部件集成而成,这种分布式的集成结构可以释放大温差环境下形成的热应力,因而,本专利发明的环形热电元器件具有输出稳定、可靠性高和使用寿命长的优点。

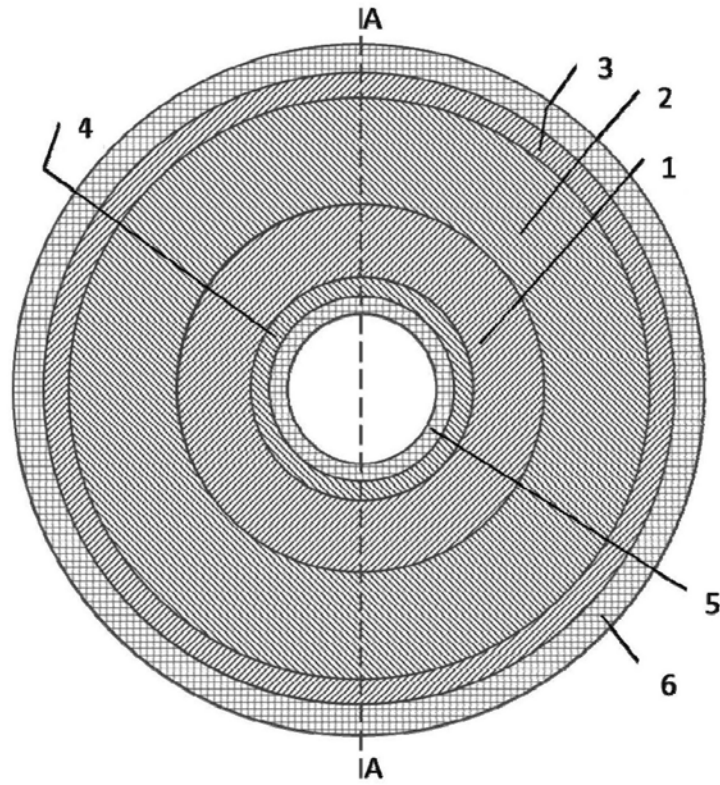


图 1

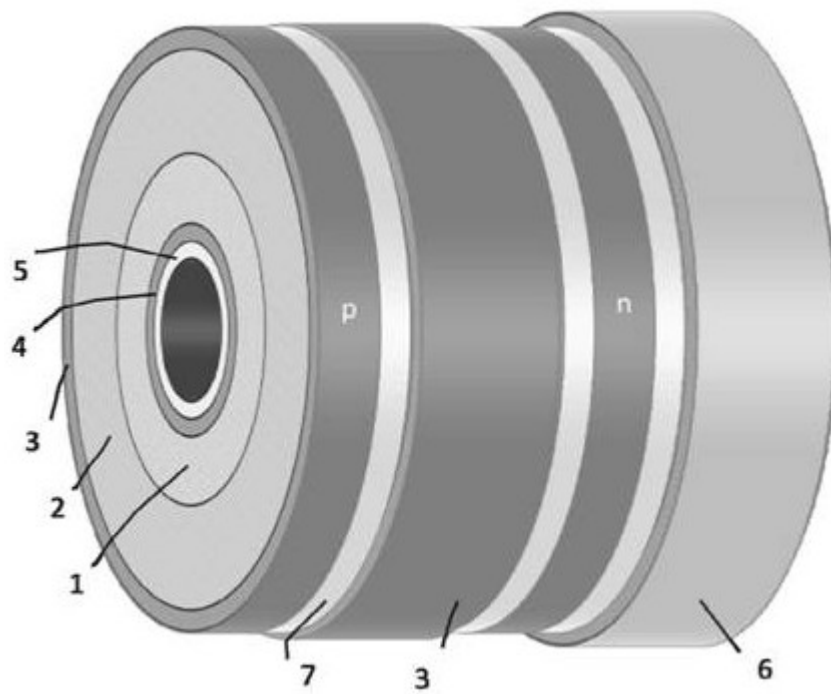


图 2

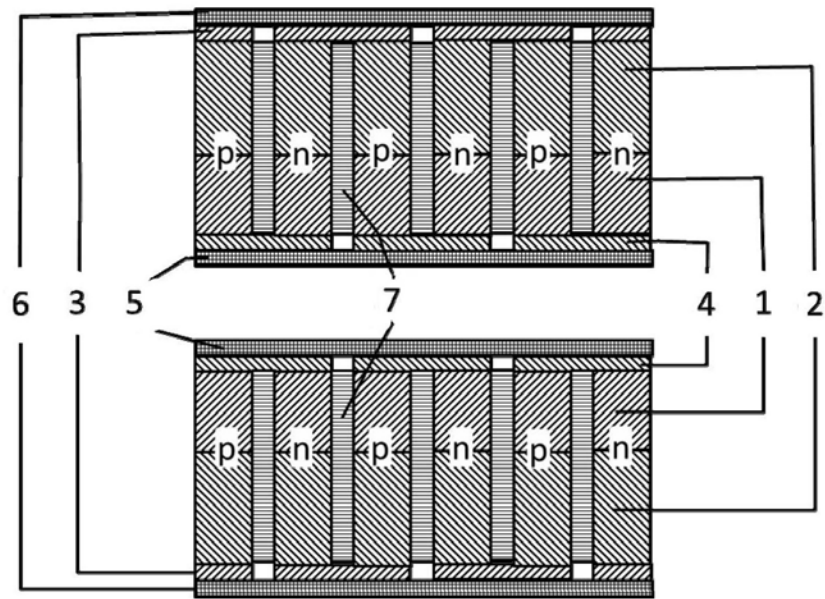


图 3

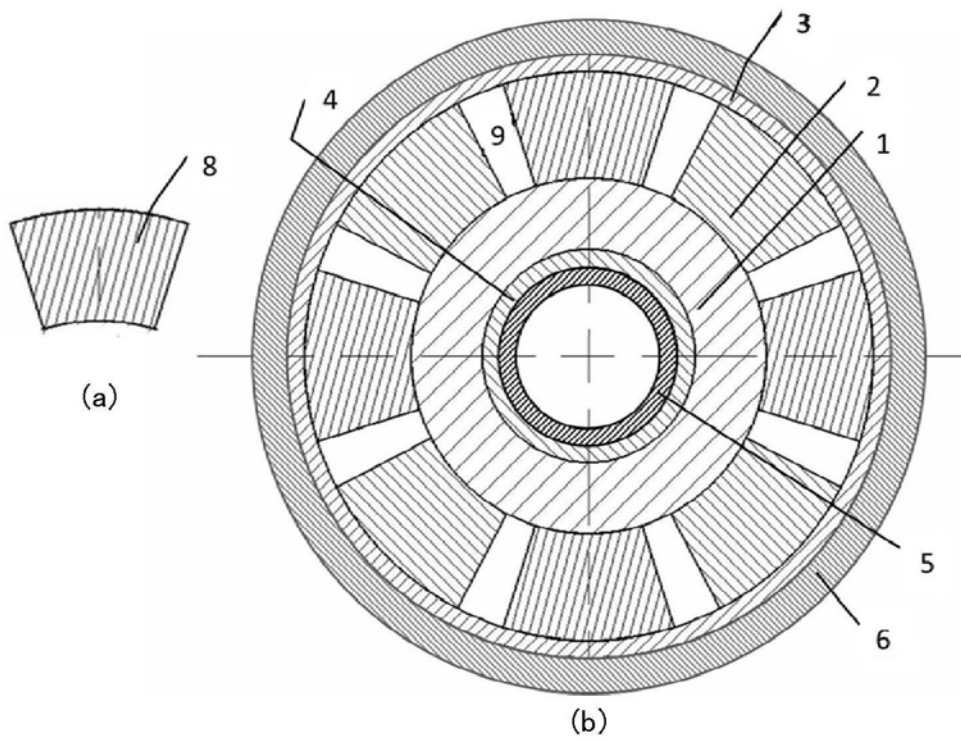


图 4

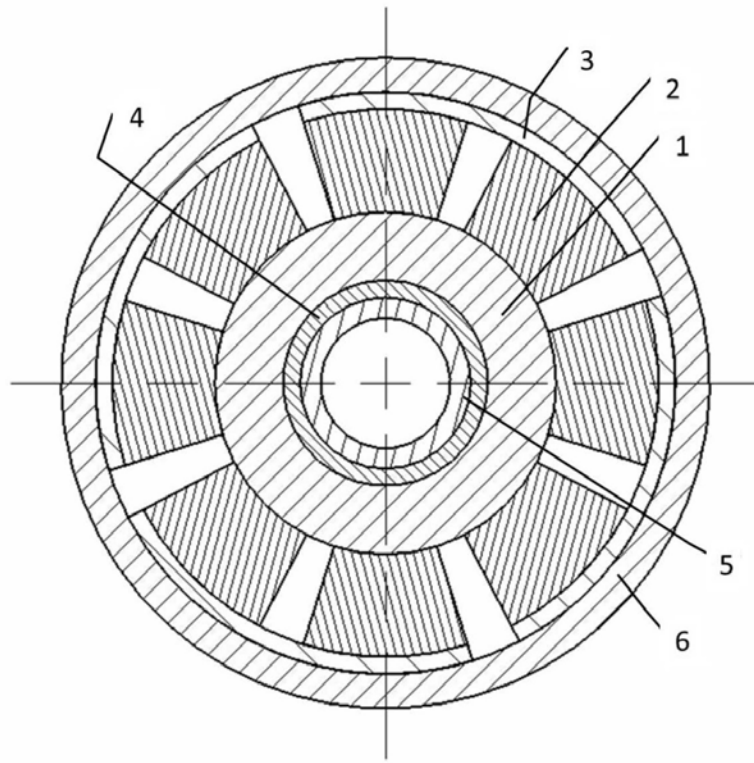


图 5

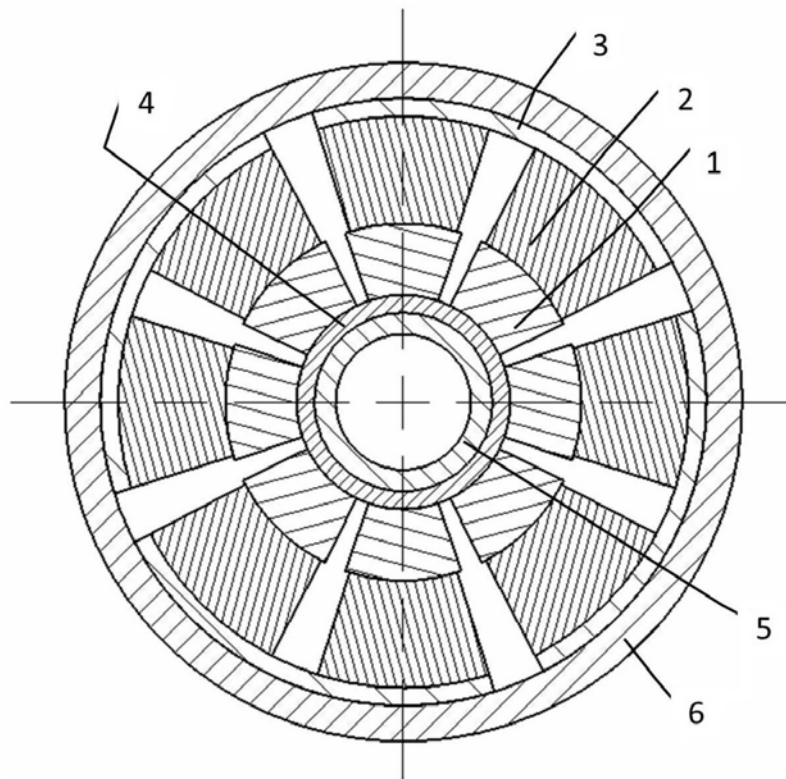


图 6

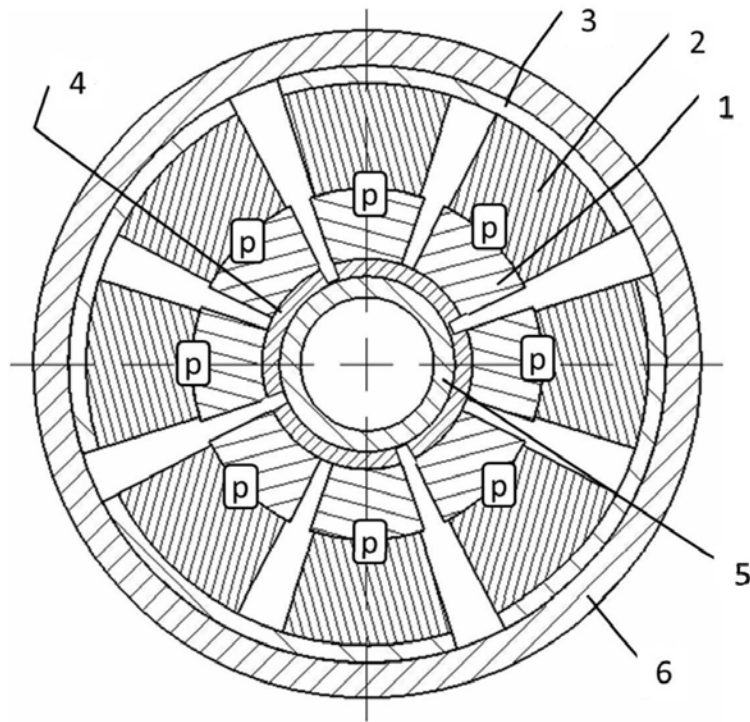


图 7

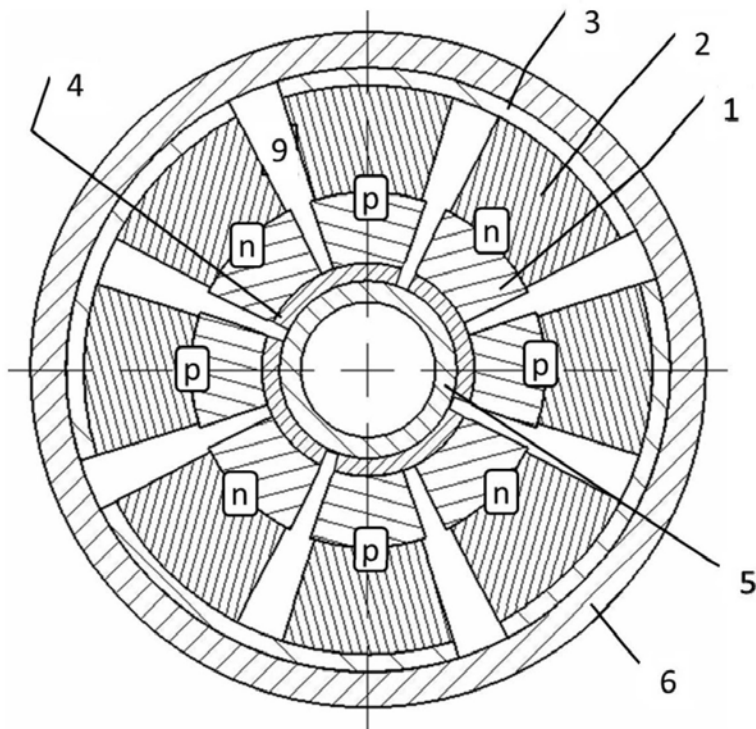


图 8

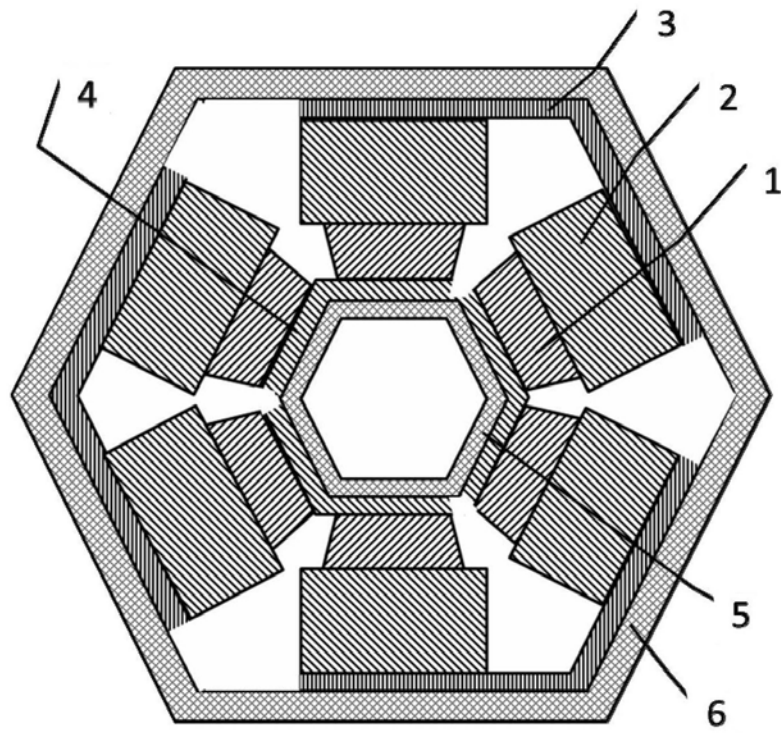


图 9