



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108475574 A

(43)申请公布日 2018.08.31

(21)申请号 201680074753.4

(22)申请日 2016.12.16

(30)优先权数据

1562598 2015.12.17 FR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.06.15

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2016/081387 2016.12.16

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2017/103074 FR 2017.06.22

(71)申请人 原子能和替代能源委员会

地址 法国巴黎

(72)发明人 杰拉德·蒂列特

(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270

代理人 王琳 姚开丽

(51)Int.Cl.

H01F 27/22(2006.01)

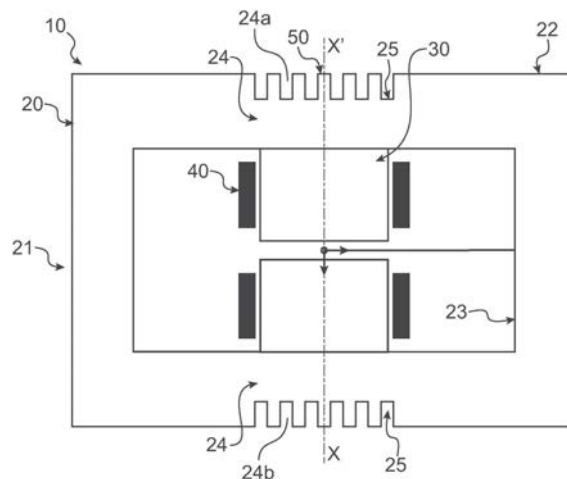
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

包括被动热管理功能的电感电路

(57)摘要

本发明涉及一种电感电路,所述电感电路包括:a)由磁性材料制成的整体磁芯(20),该磁芯包括框架(21)和杆(30),所述杆布置在所述框架(21)的中心,从而形成两个矩形磁环,矩形磁环相对于所述杆(30)对称并在所述杆(30)的对称平面处相邻,矩形磁环还具有有效磁长度 $l$ ,所述磁环的直线部分具有表面积为 $A$ 的横截面;b)匝数为 $N$ 的线圈(40);c)暴露在外部空气中的用于散热的散热片(50),所述电感电路的特征在于所述散热片(50)被包含在所述框架(21)的至少一个体积区域(24a,24b)中,形成所述杆(30)的至少一个端部的延长部分。



1. 电感电路, 包括:

a) 磁芯 (20), 所述磁芯由整体体积为 $V$ 的单件式磁性材料制成, 所述磁芯 (20) 包括框架 (21) 和杆 (30), 所述杆 (30) 位于所述框架 (21) 的中心以形成关于所述杆 (30) 对称的两个矩形磁环, 所述两个矩形磁环在所述杆 (30) 的对称平面处毗连并具有有效磁长度 $l$ , 所述框架 (21) 的直线部分具有面积为 $A$ 的横截面, 并且所述杆 (30) 的横截面的面积为 $2A$ , 是面积为 $A$ 的横截面的两倍;

b) 匝数为 $N$ 的线圈 (40), 所述线圈 (40) 被设计用于在所述杆 (30) 中产生磁感应;

c) 暴露在外环境中的散热片 (50), 所述散热片 (50) 被设计用于散热, 所述散热片由与所述磁芯的磁性材料相同的磁性材料制成;

所述电感电路的特征在于, 所述散热片 (50) 至少部分地位于所述框架 (21) 的至少一个体积区域 (24a, 24b) 内, 所述散热片 (50) 沿着所述杆 (30) 的至少一个端部的延长部分布置。

2. 根据权利要求1所述的电感电路, 其中, 所述散热片 (50) 位于在所述框架 (21) 的所述至少一个体积区域 (24a, 24b) 中形成的至少一个凹部 (25a, 25b) 的底部, 所述至少一个凹部 (25a, 25b) 开口朝向所述框架 (21) 的侧向外表面 (22), 并且沿着垂直于所述框架 (21) 的平面的方向从所述框架 (21) 的一侧穿过到另一侧。

3. 根据权利要求2所述的电感电路, 其中, 所述至少一个凹部 (24a, 24b) 从底部向所述框架 (21) 的所述侧向外表面 (22) 逐渐向外变细。

4. 根据权利要求3所述的电感电路, 其中, 所述至少一个凹部 (25a, 25b) 沿着与所述框架的所述平面 (21) 垂直的方向具有恒定尺寸的与所述框架 (21) 的平面平行的截面, 所述截面有利地为梯形, 更有利地为等腰梯形。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的电感电路, 其中, 所述散热片 (50) 被布置成使得所述电感电路 (10) 的电感与标称电感 $L$ 之间的相对差小于5%, 优选地小于2%。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的电感电路, 其中, 在所述至少一个体积区域 (24a, 24b) 中当所述电感电路在运行时, 局部磁感应强度小于所述磁芯 (20) 中的磁感应强度的平均值的5%。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的电感电路, 其中, 所述散热片 (50) 平行于所述框架 (21) 所限定的平面。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的电感电路, 其中, 每个散热片展开的面积在面积 $A$ 的10%到100%之间。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的电感电路, 其中, 位于所述至少一个体积区域 (24a, 24b) 中的所述散热片不会改变所述框架 (21) 所占用的体积。

10. 根据权利要求1至9中任一项所述的电感电路, 其中, 额外的散热片 (51) 被添加到所述框架 (21) 的侧向外表面 (22) 上。

11. 根据权利要求1至10中任一项所述的电感电路, 其中, 所述杆 (30) 的所述横截面是正方形, 并且空腔沿着垂直于所述框架 (21) 的所述平面的方向从所述杆 (30) 的一侧穿过到另一侧, 所述空腔填充有电导体从而形成所述线圈 (40) 的一部分。

12. 根据权利要求1至11中任一项所述的电感电路, 其中, 在所述散热片 (50) 之间的空间填充有金属材料, 有利地为从铝和铜中所选择的金属材料。

13. 一种电力转换器, 所述电力转换器包括根据权利要求1至12中任一项所述的电感电

路(10)。

14. 一种根据权利要求1至12中任一项所述的电感电路的制造方法,包括以下步骤:

a) 绘制运行中的所述电感电路(10)的所述磁芯(20)中的磁通量线的理论图,所述电感电路(10)具有预定的电感值 $L$ ,所述磁芯(20)由整体体积为 $V$ 的单件式磁性材料制成,所述磁芯包括:框架(21)和杆(30),所述杆(30)位于所述框架(21)的中心,从而形成关于所述杆(30)对称的两个矩形磁环,所述两个矩形磁环在所述杆(30)的对称平面处毗连,并且具有有效磁长度 $l$ ,所述框架(21)的直线部分具有面积为 $A$ 的横截面,并且所述杆(30)的横截面的面积为 $2A$ ,是面积为 $A$ 的横截面的两倍,

b) 使用之前绘制的所述理论图来识别运行中的所述电感电路(10)的所述磁芯(20)的体积内部的区域,所述区域的磁感应强度小于所述磁芯(20)中的磁感应强度的平均值的5%,

c) 制造步骤a)中考虑的所述磁芯(20),所述散热片(50)被至少部分地包括在步骤b)中识别的体积的所述区域的至少一部分之中,并且所述散热片(50)还沿着所述杆(30)的至少一端的延长部分布置,所述散热片(50)由与所述磁芯的磁性材料相同的磁性材料制成,

d) 围绕所述磁芯(20)的一部分用导电材料形成线圈(40)。

15. 根据权利要求14所述的制造方法,其中,额外的散热片被添加到所述框架(21)的侧向外表面(22)上。

16. 根据权利要求14或15所述的制造方法,其中,在步骤c)之后执行步骤c1):用金属材料填充所述散热片(50)之间的空间。

17. 根据权利要求14至16中任一项所述的制造方法,其中,通过粉末注射成型来完成制造所述磁芯(20)的步骤c)。

## 包括被动热管理功能的电感电路

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种包括单件式磁芯的电感电路,该单件式磁芯包括被动温度管理系统。

### 背景技术

[0002] 图1示出了现有技术中已知的电感电路,美国专利6,920,039B2对该电路进行了描述,该电路包括:

[0003] a) 磁芯1,该磁芯由整体体积为V的单件式磁性材料制成,该磁芯包括框架2和杆3,杆3位于框架2的中心以形成关于该杆对称的两个矩形磁环,所述两个矩形磁环在杆的对称平面上毗连并具有有效长度 $l$ ,磁环的直线部分具有面积为A的横截面;

[0004] b) 围绕杆3的匝数为N的线圈4;

[0005] c) 为了散热而被设计为暴露于外部环境中的散热片5;

[0006] 这些散热片被添加到磁芯1的侧向外表面上。

[0007] 感应电路具有电感L,其由量值A, $l$ 和N以及磁芯1的磁导率 $\mu_r$ 确定,并且满足以下关系:

$$[0008] \quad L = \mu_0 \mu_r N^2 \frac{A}{l}$$

[0009] 换句话说,磁芯1的几何形状(更具体地说是几何因子 $l$ 和A的比率)确定了电感电路的电感值。

[0010] 这样的电感电路可以用于例如电力转换器中,该电力转换器的功能是调整由电源输出的电压和电流以给电气系统供电。

[0011] 电力转换器还包括像开关一样工作的电子元件(有源元件),该电子元件以给定频率 $f$ 切换,从而向励磁线圈4供电。

[0012] 例如,在DC/DC转换器的情况下,有源元件是晶体管,其用于定期对输入电压进行“斩波(chop)”。为了输出直流(dc)输出电压,电感电路也被用于在每个周期中存储和恢复电能以及将输出电压平滑至其平均值。

[0013] 在运行中,有源元件输出的电流通过励磁线圈4,从而产生磁通量,该磁通量包括在磁芯1中的两个对称的闭合回路。

[0014] 如图2中所示,磁通量沿对称轴生成在杆3中,在框架2中对称地从杆3的一端流出并返回杆3的另一端中。

[0015] 电感电路可以占到转换器的体积和成本的40%。

[0016] 可以通过使用包括具有高磁导率(例如 $\mu_r > 50$ )的材料的磁性磁芯来减少电感电路的体积。在具有高磁导率的磁性材料中可以提及的是铁氧体型氧化物,更具体地可以提到以下材料: $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ 和 $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ 。

[0017] 还可以通过增加电感电路的运行频率来减少电感电路的体积。例如,有源元件可以包括由氮化镓(GaN)制成的晶体管。这些晶体管有能力实现超过1MHz的开关频率。为此,

本领域技术人员可以参考文献A.M.LEARY[2]。

[0018] 通过磁芯1的磁通量伴随着导致磁芯发热的磁损耗。

[0019] 磁芯的这种发热会降低电感电路的性能,并最终使其无法工作。

[0020] 通过使用形成高磁导率磁芯的磁性材料和/或通过增加电感电路的工作频率,可减小磁芯的体积减小,然而这会加剧温度上升

[0021] 然后将散热装置添加到电感电路中以更好地管理电感电路工作期间产生的热量。

[0022] 如图1所示的散热装置通常以散热片1a的形式布置在磁芯的外部并添加到所述磁芯的外表面上,以增加磁芯1与周围空气之间的交换表面面积。

[0023] 如此布置的散热片5不会改变磁芯1的几何因子,并且因此电感电路的磁感应强度值不会发生改变。然而,这些散热装置并不能令人满意。散热装置所占的体积会附加在电感的体积之上并且也会增加电感的质量。此外,为了有效,散热片5必须具有较大的散热区域,并且因此占用相对于磁芯而言较大的面积。

[0024] 然而,对于一些应用来说,配备有散热装置的电感电路应当占用尽可能小的体积是所期望的,甚至是必要的。

[0025] 然后电感电路需要有与现有技术(特别是在航空和汽车领域)中已知的电感电路相同的散热效率

[0026] 更具体地,对于需要使用具有高于50的磁导率的磁性磁芯1的电感电路,和/或电路运行频率高(例如高于1MHz)的电感电路,可以优化对散热的管理。

[0027] 本发明的一个目的是公开具有更高效散热装置的电感电路,同时限制所述电路的体积和质量的增加。

## 发明内容

[0028] 本发明的目的可以通过一种电感电路实现,该电感电路包括:

[0029] a) 磁芯,所述磁芯由整体体积为V的单件式磁性材料制成,所述磁芯包括框架和杆,所述杆位于所述框架的中心以形成关于所述杆对称的两个矩形磁环,所述矩形磁环在所述杆的对称平面处毗连并具有有效磁长度l,所述框架的直线部分具有面积为A的横截面,并且所述杆的横截面的面积为2A,是面积为A的横截面的两倍;

[0030] b) 匝数为N的线圈,所述线圈被设计用于在所述杆中产生磁感应;

[0031] c) 暴露在外部环境中的散热片,所述散热片被设计用于散热,所述散热片由与所述磁芯的磁性材料相同的磁性材料制成;

[0032] 所述散热片至少部分地在所述框架的体积之内,所述散热片沿着所述杆的至少一个端部的延长部分布置。

[0033] 当在所述框架的至少一部分体积之内没有任何散热片时,所述电感电路的电感等于由量值A、l和N定义的标称电感L。

[0034] 此外,在没有任何散热片的电感电路的运行期间,磁感线也穿过至少一个体积。

[0035] 框架的直线部分的横截面对于每个直线部分是相同的,并且是矩形的。

[0036] 与现有技术不同,散热片在参与磁感应线流通的磁芯的体积内部。

[0037] 申请人已经观察到存在局部磁感应强度非常弱的区域,并且这些区域对电感电路的磁特性仅做出很小的贡献。因此,申请人提出使用磁芯中的这些区域中的一个来形成散

热片。由于这些布置，申请人获得了显著的冷却效果。例如，申请人观察到根据本发明的散热片的存在可以将电路磁芯在运行时的温度从250°C改到110°C。此外，相对于标称电感，散热片的存在对电感电路的电感的影响很小甚至没有影响。

[0038] 因此，散热片被直接形成在磁芯的体积内部。形成这些散热片还可以不用添加任何材料，并且因此不会改变磁芯占用的体积。

[0039] 此外，散热片布置在磁芯的体积内部并且沿杆的延长部分布置可以生成一个非常接近磁芯的最热区域的热交换表面。

[0040] 此外，电感电路的运行频率要高于1MHz也不再是一个限制。根据本发明的散热片可以完美管理由于频率的增加而导致的温度上升。

[0041] 根据一个实施例，散热片位于在框架的至少一个体积区域中形成的至少一个凹部的底部，所述至少一个凹部开口朝向所述框架的侧向外表面，并且沿着垂直于框架平面的方向从框架的一侧穿过到另一侧。

[0042] 因此，凹部的形状使散热片的通风更有效率，并且因此导致了对磁芯更好的冷却。

[0043] 根据一个实施例，该至少一个凹部从其底部向框架的侧向外表面逐渐向外变细。

[0044] 根据一个实施例，该至少一个凹部沿着与所述框架平面垂直的方向具有恒定尺寸的与所述框架平面平行的截面，所述截面有利地为梯形，甚至更有利的是等腰梯形。

[0045] 根据一个实施例，散热片被布置成使得电感电路的电感与标称电感L之间的相对差小于5%并且优选地小于2%。

[0046] 根据一个实施例，当电感电路在运行时，在该至少一个体积区域中的局部磁感应强度小于磁芯中的磁感应强度的平均值的5%。

[0047] 根据一个实施例，散热片平行于框架所限定的平面。

[0048] 根据一个实施例，为每个散热片开发的面积在面积A的10%到100%之间。

[0049] 根据一个实施例，位于所述至少一个体积区域中的所述散热片不会改变框架所占用的体积。

[0050] 根据一个实施例，额外的散热片被添加到框架的侧向外表面上。

[0051] 根据一个实施例，杆的横截面是正方形，并且空腔沿着垂直于框架平面的方向从杆的一侧穿到另一侧，该空腔填充有电导体从而形成线圈的一部分。

[0052] 根据一个实施例，在散热片之间的空间填充有金属材料，有利地，金属材料是从铝和铜之间选出的。

[0053] 本发明还涉及包括所述电感电路的电力转换器。

[0054] 本发明还涉及一种制造所述电感电路的方法，所述方法包括以下步骤：

[0055] a) 绘制运行中的所述电感电路的所述磁芯中的磁通量线的理论图，所述电感电路具有预定的电感值L，所述磁芯由整体体积为V的单件式磁性材料制成，所述磁芯包括：框架和位于所述框架的中心的杆，从而形成关于所述杆对称的两个矩形磁环，两个矩形磁环在所述杆的对称平面处毗连，并且具有有效磁长度l，所述框架的直线部分具有面积为A的横截面，并且所述杆的横截面的面积为2A，是面积为A的横截面的两倍，

[0056] b) 使用之前绘制的所述理论图来识别运行中的所述电感电路的所述磁芯的体积内部的区域，所述区域的磁感应强度小于所述磁芯中的磁感应强度的平均值的5%，

[0057] c) 制造所述步骤a)中考虑的所述磁芯，所述散热片被至少部分地包括在所述步骤

b) 中识别的体积的所述区域的至少一部分之中, 并且所述散热片还沿着所述杆的至少一端的延长部分布置, 所述散热片由与所述磁芯的磁性材料相同的磁性材料制成,

[0058] d) 围绕所述磁芯的一部分用导电材料形成线圈。

[0059] 根据一个实施例, 额外的散热片被添加到框架的侧向外表面。

[0060] 根据一个实施例, 在步骤c) 之后执行步骤c1), 用金属材料填充散热片之间的空间

[0061] 根据一个实施例, 步骤c) 通过粉末注射成型来制造磁芯。

## 附图说明

[0062] 参照附图, 结合以下用作非限制性示例的描述可以更加清楚根据本发明的电感电路的制造方法的其他特征和优点, 在附图中:

[0063] -图1是现有技术中已知的电感电路的示意图的俯视图。

[0064] -图2是现有技术中已知的电感电路中的磁通路径的示意图。

[0065] -图3是现有技术中已知的电感电路中包括的磁性磁芯中的有效的磁路径的示意图。

[0066] -图4是根据本发明一个示例性实施例的电感电路的示意图。

[0067] -图5是现有技术中已知的电感电路的磁芯中的磁感应线的示意图。

[0068] -图6a是现有技术中已知的没有任何散热装置的磁芯中的温度分布的模拟。

[0069] -图6b是根据本发明一个示例性实施例的磁芯中的温度分布的模拟。

[0070] -图7是根据本发明一个示例性实施例的电感电路的示意图。

## 具体实施方式

[0071] 在不同的实施例中, 为了简化描述, 相同的参考标记会被用于相同的元件或执行相同功能的元件。

[0072] 定义:

[0073] 有效磁长度 $l$  (有效磁路径长度): 有效磁长度 ( $L_{\text{eff}}$ ) 被定义为包含在磁性磁芯中的闭合轮廓线的长度, 平均磁场 ( $H_{\text{ave}}$ ) 在所述闭合轮廓线上的环流等于流过电路的电流的总和 (匝数  $N$  乘以标称电流  $I$ ) (安培定理)。也就是说:  $H_{\text{ave}} \cdot L_{\text{eff}} = N \cdot I$ 。图3中给出了一个有效磁路径的示例: 在这个示例中, 磁芯形成了一个矩形环路, 与此配置相关的有效磁路径用虚线表示。

[0074] 横截面: 横截面是由垂直于具有细长形状的元件的纵向轴线的平面的横切形成的截面。

[0075] 标称电感  $L$ : 有效磁长度  $l$ 、面积  $A$  和匝数  $N$  根据以下关系定义的电感  $L$  的值:

$$[0076] \quad L = \mu_0 \mu_r N^2 \frac{A}{l}$$

[0077] 图4示出了根据本发明的电感电路10的示例性实施例。图4中是一个电感电路10, 其电感  $L_M$  由磁芯的几何特性和匝数  $N$  决定。

[0078] 说明书中的其余部分描述了电感电路10的一个示例。

[0079] 根据本发明的电感电路10包括磁芯20。

[0080] 该磁芯20由整体体积为  $V$  的单件式磁性材料制成, 该磁芯包括框架21和杆30, 杆30

位于架21的中心以形成关于该杆对称的两个矩形磁环,所述矩形磁环在杆的对称平面上毗连并具有有效长度 $l$ ,磁环的直线部分具有面积为 $A$ 的横截面。

[0081] 在说明书中的其余部分,我们将框架21限定的平面称作框架平面。框架21覆盖的区域(footprint)(或者利用平行于框架平面的平面对框架的横切)是面积为 $S$ 的矩形。

[0082] 框架21的直线部分的横截面对于每个直线部分都是相同的,有利地,该横截面是矩形。

[0083] 杆30的横截面可能是正方形、矩形或圆形。

[0084] 有利地,磁芯20包括磁导率大于50的磁性材料( $\mu_r > 50$ )

[0085] 例如,磁性材料可以包括具有尖晶石结晶学结构的铁氧体型氧化物。该材料的磁导率在高频范围内是稳定的。最常用的磁性材料满足下面的化学式:

[0086]  $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ 和 $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ 。

[0087] 例如,磁芯20包括 $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ,其中 $x$ 在0.3和0.6之间,磁导率 $\mu_r$ 随 $x$ 变化并且位于500和1000之间。

[0088] 说明书的其余部分呈现了磁芯20的一个优选实施例,包括NiZn或MnZn铁氧体粉末注射成型(PIM)。

[0089] 有利地,铁氧体型材料也具有较高的电阻率值,这限制了感应电流引起的损耗。

[0090]  $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ 和 $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ 材料还具有工业规模可用的优点。

[0091] 磁芯20包括厚度为 $e$ 的框架21。框架21的直线部分具有面积为 $A$ 的横截面。

[0092] 框架21还包括形成侧向外表面22的4个侧向外表面。侧向外表面22垂直于框架平面。

[0093] 框架21包括形成内表面23的4个内表面,内表面23也垂直于框架平面。

[0094] 我们通过框架21体积覆盖的范围(footprint)来定义框架21的总体积 $V$ 。更具体的,框架21的总体积是厚度 $e$ 和面积 $s$ 的乘积。框架21的总体积 $V$ 也等于磁芯20的总体积 $V'$ 。

[0095] 磁芯20包括杆30,杆30的横截面的表面积为 $2A$ (因此,横截面面积 $2A$ 大约是框架的直线部分的横截面的面积 $A$ 的两倍),并且连接框架21的内表面23的两个相对的面,从而形成两个对称的、具有有效磁长度 $l$ 的磁环,所述磁环在杆30的对称平面上毗连。

[0096] 杆30包括一条沿其长度延伸的对称轴(由图4中的 $xx'$ 示出)。

[0097] 因此,前述的配置是在电感电路10中使用的磁芯20的典型情况,通常使用术语E-E型配置,或者可以是双部件E-E型配置。

[0098] 这样的配置通常是通过组装两个半件获得的。每个半件包括半个框架和半个杆。

[0099] 半个杆可能会短于半个框架的两个横向半件。因此,由两个半个杆组成的杆30有气隙。

[0100] 电感电路10包括励磁线圈40,该励磁线圈的匝数为 $N$ 。当电流通过励磁线圈40时,杆30中产生磁感应。励磁线圈中的 $N$ 匝可以围绕杆30形成。

[0101] 励磁线圈40由金属(例如铜)制成。励磁线圈40包括缠绕在杆30上的连续绕线从而形成 $N$ 圈。

[0102] 磁芯20包括散热装置。

[0103] 该散热装置可以由暴露在外部环境中的散热片50形成。

[0104] 特别有利的,散热片50由与磁芯20相同的磁性材料制成。

[0105] 散热片50增加了磁芯10与外部环境的热交换表面区域,从而在电感电路10运行时能更有效的冷却。

[0106] 根据本发明,所述散热片50至少部分地位于所述框架21的至少一个体积区域内,所述散热片沿着所述杆30的至少一个端部的延长部分布置。

[0107] 所述至少一个体积区域可以包括第一体积区域24a和第二体积区域24b。

[0108] 例如,磁芯装有两组散热片50,这两组散热片50至少部分地被包括在框架21的第一体积区域24a和第二体积区域24b中。

[0109] 第一体积区域24a和第二体积区域24b可以关于一个平面被对称布置,该平面穿过杆30的中心,并且垂直于所述杆30的纵向轴线。

[0110] 有利地,散热片50被布置在形成在框架21的至少一个体积区域中的凹部的底部,所述至少一个凹部开口朝向所述框架21的侧向外表面22。

[0111] 所述至少一个凹部可以包括第一凹部25a和第二凹部25b。

[0112] 第一凹部25a和第二凹部25b分别包含在第一体积区域24a和第二体积区域24b中。

[0113] 有利地,每个凹部25a和25b沿着垂直于所述框架21的平面的方向从一侧到另一侧穿过框架21。

[0114] 在如图4所示的示例中,每个凹部25a和25b可以包括平行于其开口朝向的框架21的侧向外表面的平坦底部。

[0115] 然后一组散热片50从每个凹部25a和25b的底部突出。

[0116] 因此,散热片50在至少一个凹部的底部的布置可以增加热交换面积并且使其位于尽可能地接近杆30的位置。

[0117] 申请人观察到,杆30中的最大温度上升发生在当电感电路10运行时。例如,图6.a示出了现有技术中已知的、运行中的、没有任何散热装置的电感电路的磁芯1的温度分布,表1包括了所考虑的磁芯的一般特征。

[0118]

|        |                       |
|--------|-----------------------|
| 材料     | $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ |
| 总宽度    | 46.5mm                |
| 磁芯厚度   | 10.8mm                |
| 总高度    | 29mm                  |
| 中心杆直径  | 10.8mm                |
| 气隙     | 4.4mm                 |
| 磁芯体积   | $9.8cm^3$             |
| 匝数N    | 19                    |
| 功率     | 800W                  |
| 线圈中的电流 | 5A                    |
| 切换频率   | 3MHz                  |

[0119] 表1

[0120] 我们可以看到,磁芯1包括了热区域B(在杆3处),其中温度达到了 $250^{\circ}C$ ,而在磁芯1中的侧向区域C1和C2中观察到的温度小于 $170^{\circ}C$ 。

[0121] 此外,与现有技术(特别是US6,920,039B2)中的解决方法不同,根据本发明的散热

片50的配置不要求体积的大幅度增加。

[0122] 有利地,散热片50可以垂直于支撑它们的底部平面。

[0123] 同样有利地,散热片50可以被整个包含在由至少一个凹部定义的体积内。在图4中的示例中,散热装置的增加并没有导致磁芯20的体积的增加。

[0124] 因此,磁芯20的总体积不受影响。

[0125] 或者,散热片50可以延伸到由至少一个凹部定义的体积之外。

[0126] 因此,最长的散热片增加了磁芯20与外部环境的交换表面面积,从而在电感电路10运行时能更有效的冷却电感电路10。

[0127] 根据一个特别有利地实施例,第一凹部25a和第二凹部25b从每个凹部的底部朝其开口朝向的侧向外表面向外逐渐变细。因此,如图6b中所示,在散热片50处有更好的通风。每个凹部25a和25b具有沿着垂直于所述框架21的平面的方向具有恒定尺寸的平行于框架21的平面的截面。该截面可以是梯形的,更特别地,可以是等腰梯形。

[0128] 散热片50可以平行于或垂直与由框架21定义的平面。

[0129] 作为变体,凹部可以非限制性地具有V形或U形截面。凹部也可以具有与体积区域的截面一致的截面,例如凹部可以匹配体积区域的形状。

[0130] 因此,散热片50从在框架21的体积区内的侧表面22延伸而出,所述第一区域位于杆30的延长线上,可以创造一个与磁芯的热区域尽可能近的热交换区域。

[0131] 根据第二个示例,图6b示出了根据本发明的另一实施例的装配有散热装置的电感电路的温度的模拟图(散热片50从磁芯的体积V突出)。在杆(区域C1和C2)和框架(区域B)中都观察到了110°C的温度。这个温度不仅低得多,而且在磁芯内也更加均匀。

[0132] 然后,根据本发明在磁芯20中形成散热片50从而优化其散热效率,同时仅对电感电路的电感具有适度的影响。

[0133] 有利地,散热片50被布置为仅对电感电路10的电感具有适度的影响。优选的,电感电路10的电感 $L_M$ 和标称电感 $L$ 之间的差别少于5%,甚至更优选的,少于2%。

[0134] 可以采用以下协议来最小化根据本发明的电感电路10的电感与相同的没有散热装置的电感电路的电感之间的差异:

[0135] 第一步,电感电路被认为没有任何散热装置,其特征在于其磁芯的几何参数A和1以及线圈中的匝数N。

[0136] 然后考虑在第一步中确定的参考几何形状,精确计算磁芯中的磁流线图(例如使用有限元计算程序)。二维或三维的有限元数字模拟是本领域专家所熟知的,因此在本说明书中没有详细描述。图5中用黑色标出了在磁芯中局部磁感应强度保持小于所述磁芯中磁感应强度的平均值的5%的区域。

[0137] 在图5示出的示例中,有利地,磁芯的体积的第一部分在磁感应强度保持小于磁芯中的磁感应的平均值的5%的区域处被标识,并且沿着杆的至少一个端部的延长部分布置。

[0138] 该方法提供了磁芯的体积中的区域的详细标识,可以实现在磁芯中制造散热片50,而只对所考虑的电感电路的电感进行适度修改。

[0139] 特别有利的是,散热片50平行于电感电路10工作时可能形成的场线。因此,所述电路的电感与标称电感之间的差别可以很小。

[0140] 此外,每个散热片的展开表面可以在面积A的10%到100%之间,例如30%。

- [0141] 散热片50的深度可以是面积A的平方根的10%到50%之间,例如30%。
- [0142] 对于杆30为圆柱的磁芯,圆柱直径等于6mm。
- [0143] 散热片50的宽度可以在0.1到2mm之间,例如1mm。
- [0144] 散热片50的间距可以在0.1和0.5mm之间,例如0.2mm。
- [0145] 散热片50的形状可以是矩形或三角形或弧形
- [0146] 以特别有利的方式,在步骤C1)中的散热片50间的间距可以被非磁性材料填充,该非磁性材料是一种良好的热导体,如铜或铝。因此,根据本实施例,可以制造热桥以有效地冷却磁芯20。
- [0147] 为了进一步改善磁芯的交换表面面积,可以在框架21的侧向外表面22上而非在中空外表面上添加额外的散热片51。
- [0148] 特别有利的,散热片51由与磁芯20相同的磁性材料制成。
- [0149] 磁芯20可以包括薄于有效磁长度l的5%的气隙。
- [0150] 有利地,气隙被布置在杆30的中心。
- [0151] 如前所述,磁芯20可以通过铁氧体的粉末注射成型来形成。本领域专家可以在专利FR2970194[3]中找到粉末注射成型方法的细节的信息。这个技术包括第一步骤:形成包含有机材料(例如聚烯烃,如聚乙烯,聚丙烯)以及无机粉末(例如用于目标应用的铁氧体氧化物,例如 $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ 和 $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ )的主混合物。
- [0152] 然后将主混合物注入模具中以赋予其所需的形状。然后将模塑部件在400-700°C(例如500°C)的温度下脱胶(debinded)以除去有机材料。然后在脱胶步骤之后在900-1300°C(例如对于铁氧体氧化物 $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ 的1220°C)的温度下执行烧结步骤,从而增加如此形成的部件的密度。然后磁芯可以由单件制成,或者磁芯可以由多个部件的组件组成(例如两个E形件的组件,或者E形和I形的组件,或者U形和I形的组件)。根据制造磁芯的方法,可能需要一个或多个模具。
- [0153] 散热片50之间的空间在执行步骤c1)期间由导电材料填充,填充该导电材料使用本领域专家熟知的插入成型技术,文献Ruh等[4]中描述了该技术。
- [0154] 如图7中所示,杆30可以具有正方形的横截面,并且空腔41a和41b可以沿垂直于框架21的平面的方向从一侧到另一侧穿过杆30的横截面,空腔41a和41b分别靠近磁芯的两个侧面31和32。之后用导电材料(例如铜或铝)将空腔41a和41b填满(例如通过插入成型),从而形成将被嵌入到杆30中的线圈40的一部分。然后,例如通过在平行于框架21的平面的杆30的每个面上增加金属垫42来完成线圈40。每个所述的金属垫42将空腔41a连接到空腔41b,以形成适于在杆30中产生磁感应的连续线圈。
- [0155] 因此,线圈的部分匝穿过杆的体积之内。因为线圈也是能量耗散的位置(通过焦耳效应),所以线圈的部分匝嵌入到杆中还可以改善线圈通过根据本发明的散热片50发出的热量的耗散。
- [0156] 因此,根据本发明的散热装置可以有效地耗散电感电路中生成的热量。之后会降低电感电路的工作温度,并且在磁芯的不同点处的工作温度更加均匀。
- [0157] 使用根据本发明的散热装置仅适度地减少或者根本不减少感应电路的总体积。与现有技术中已知的装置不同,所述散热装置布置在磁芯的体积内部。换句话说,与现有技术不同,散热装置仅要求很少一部分额外的材料,或完全不需要额外的材料。

[0158] 更具体地,将散热装置布置在磁芯中磁感应强度与运行中的电感电路的磁芯的体积的剩余部分相比更低的区域中。

[0159] 根据本发明的散热装置还可以设想使用更高频率的电感电路,有利地,该频率高于1MHz。

[0160] 参考文献

[0161] [1]US 6,920,039B2

[0162] [2]A.M.LEARY,“Soft Magnetic Materials in High-Frequency,High-Power Conversion Applications (在高频高功率转换应用中的软磁材料)”,JOM,第64卷,第7期,2012年7月,772-781页

[0163] [3]FR2970194

[0164] [4]Ruh等,“The development of two-component micro powder injection by moulding and sinter joining (双组份微粉注射成型和烧结接合的发展)”,Microsyst.Technol.,2011,17:1547-1556B

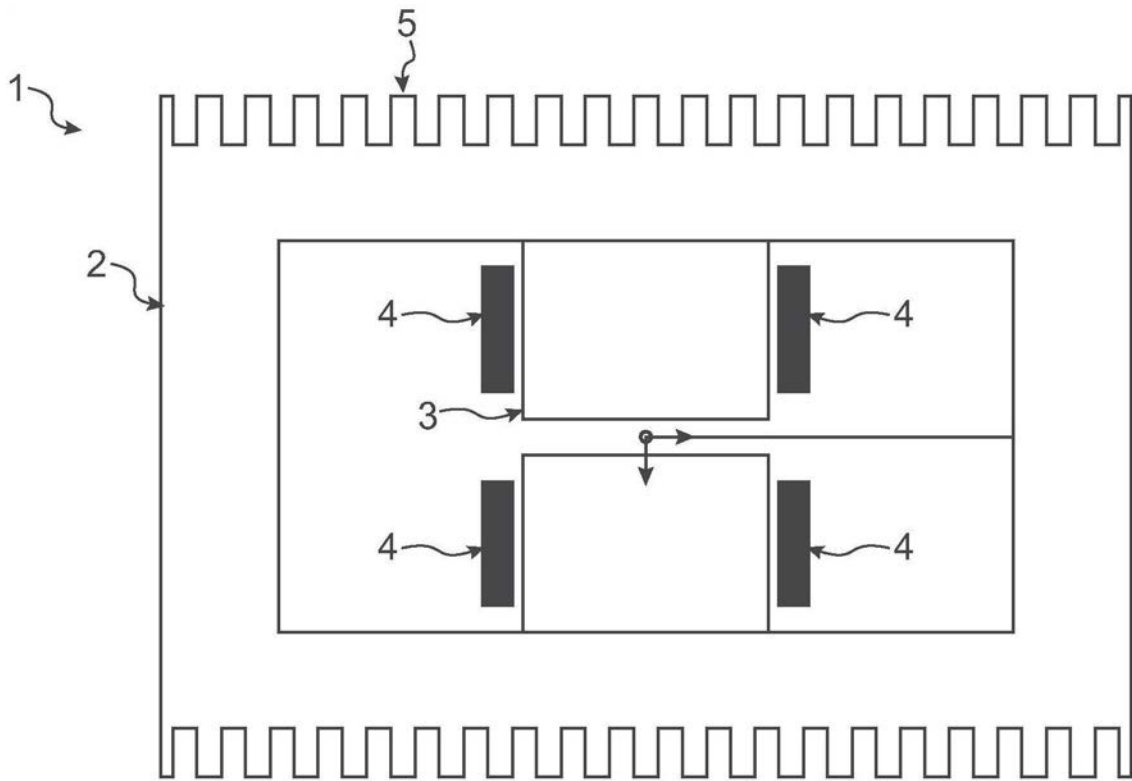


图1现有技术

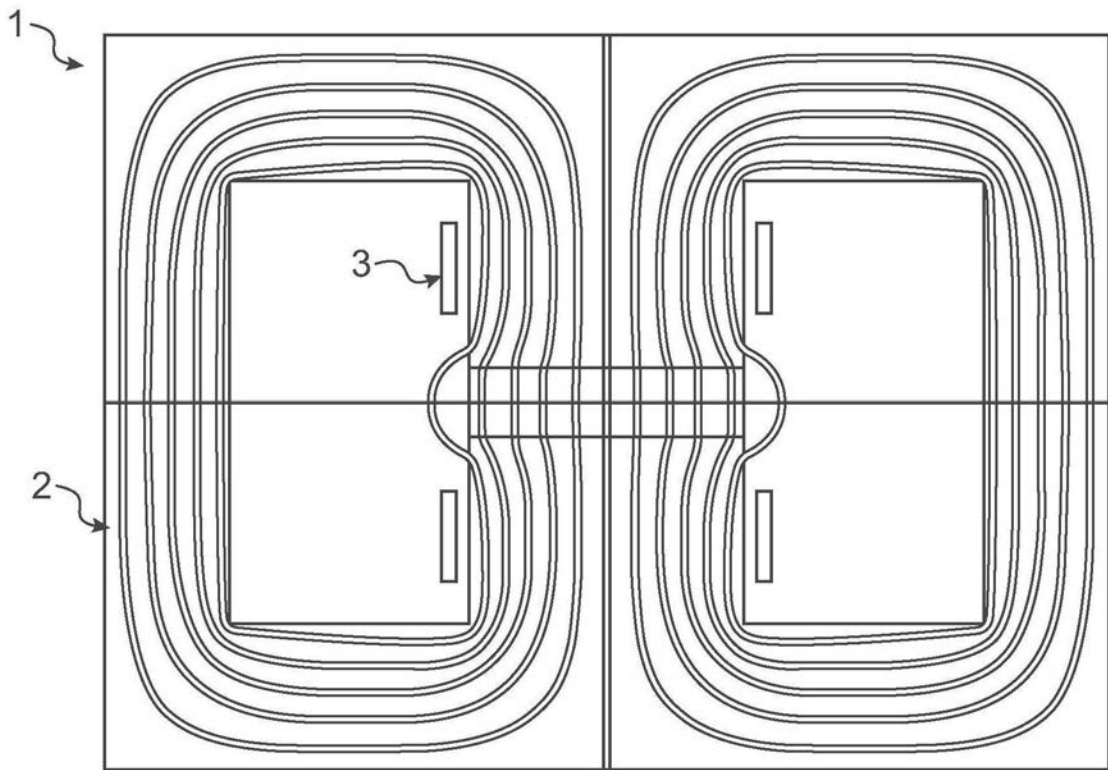


图2现有技术

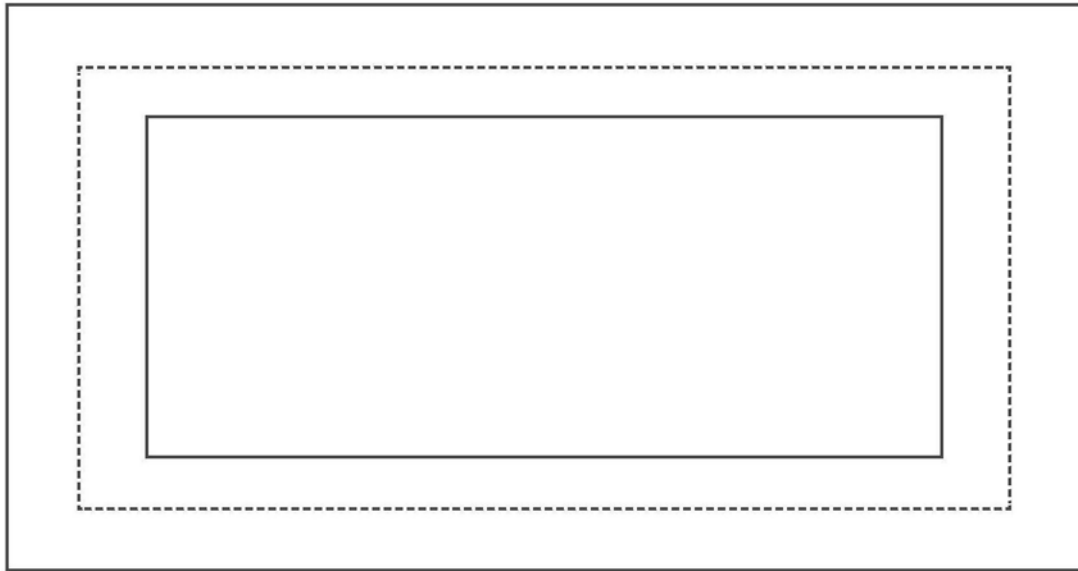


图3现有技术

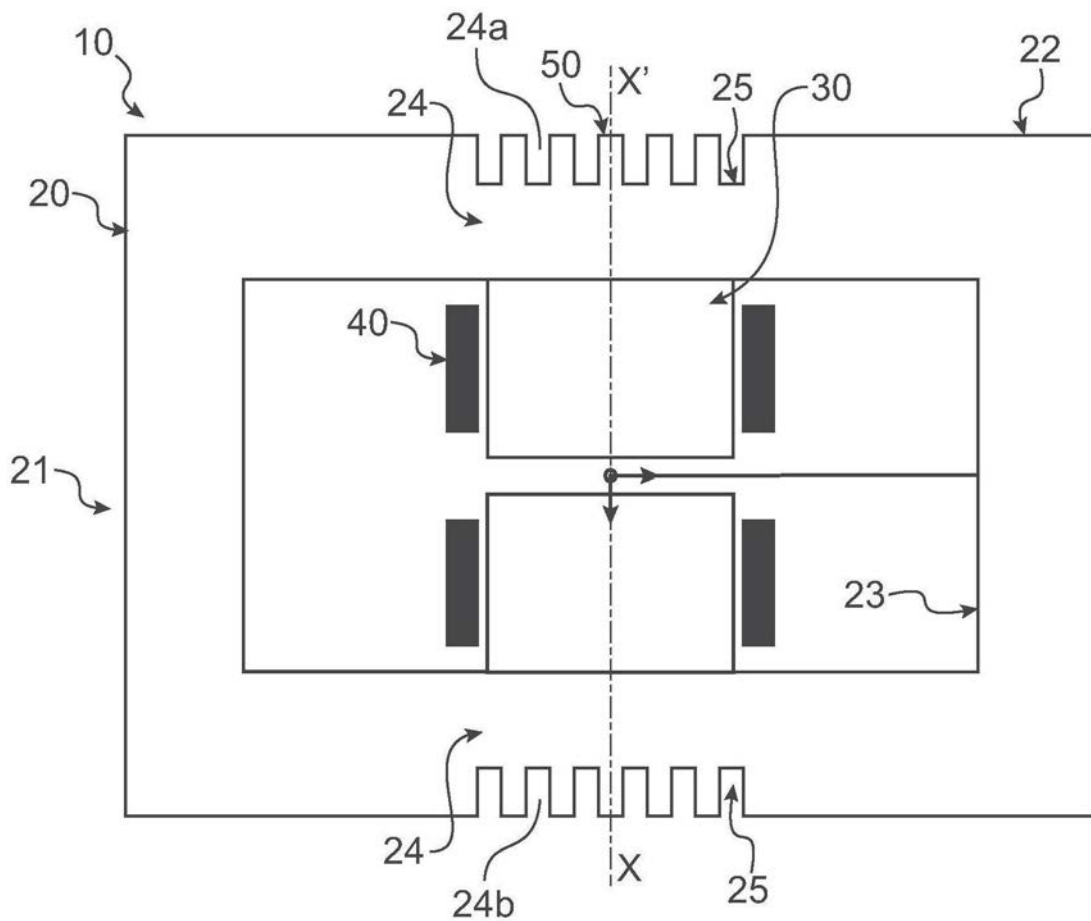


图4

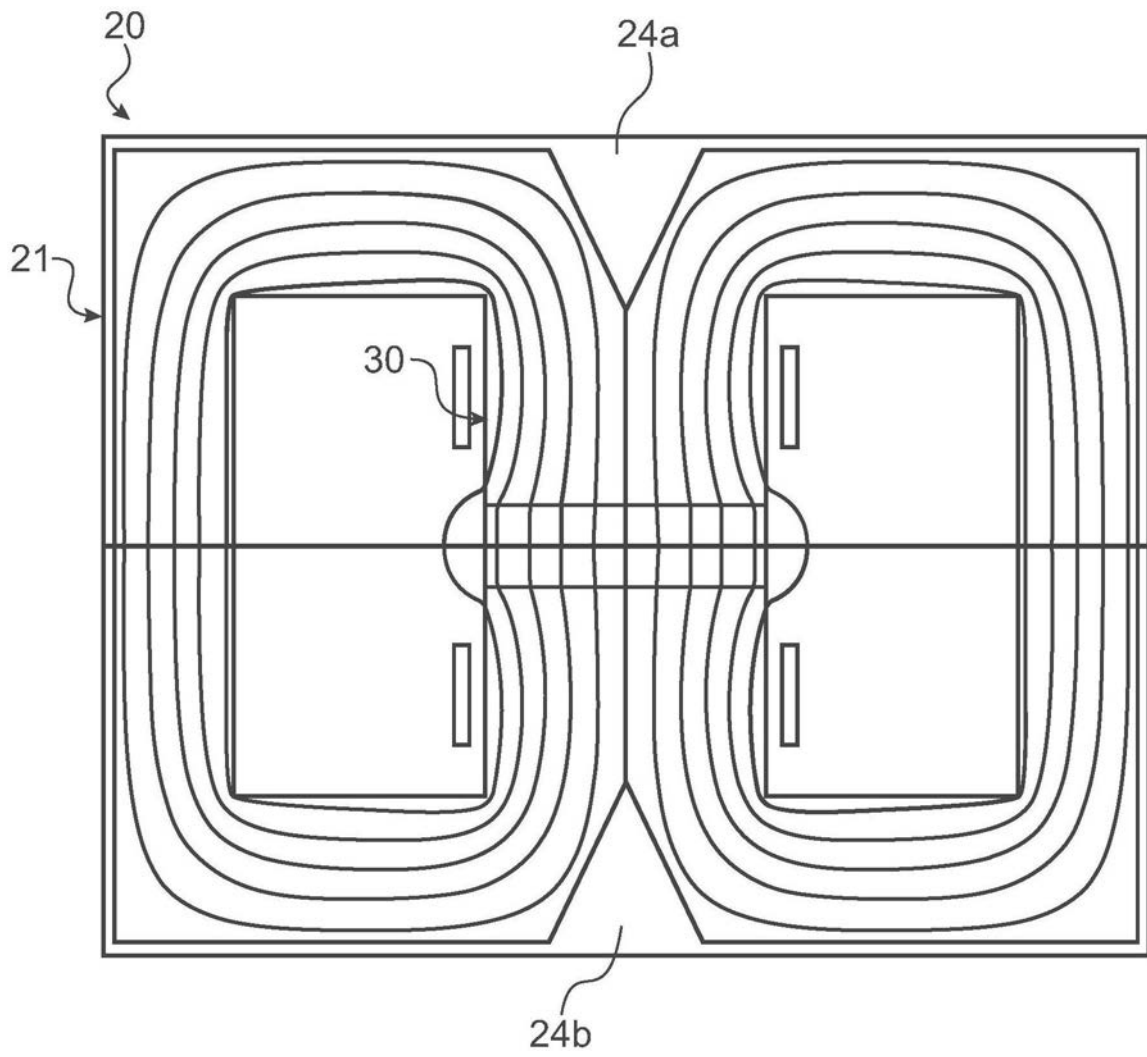


图5

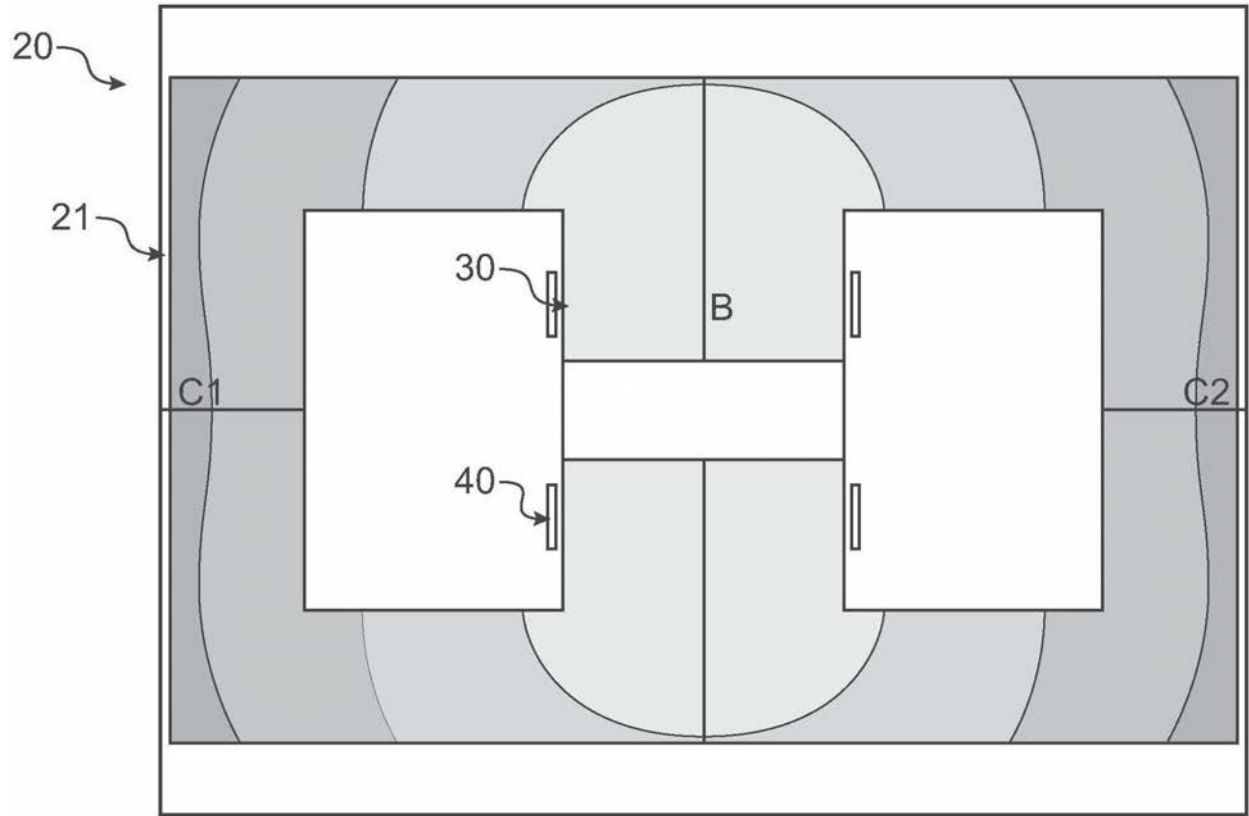


图6a

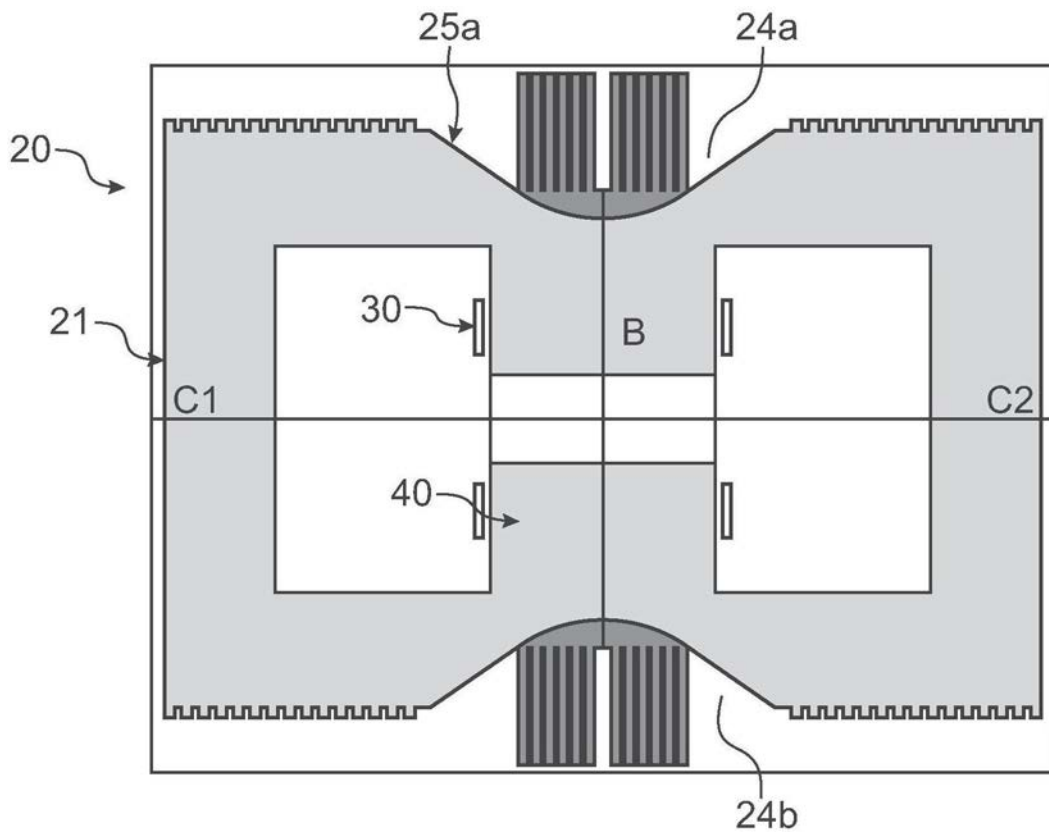


图6b

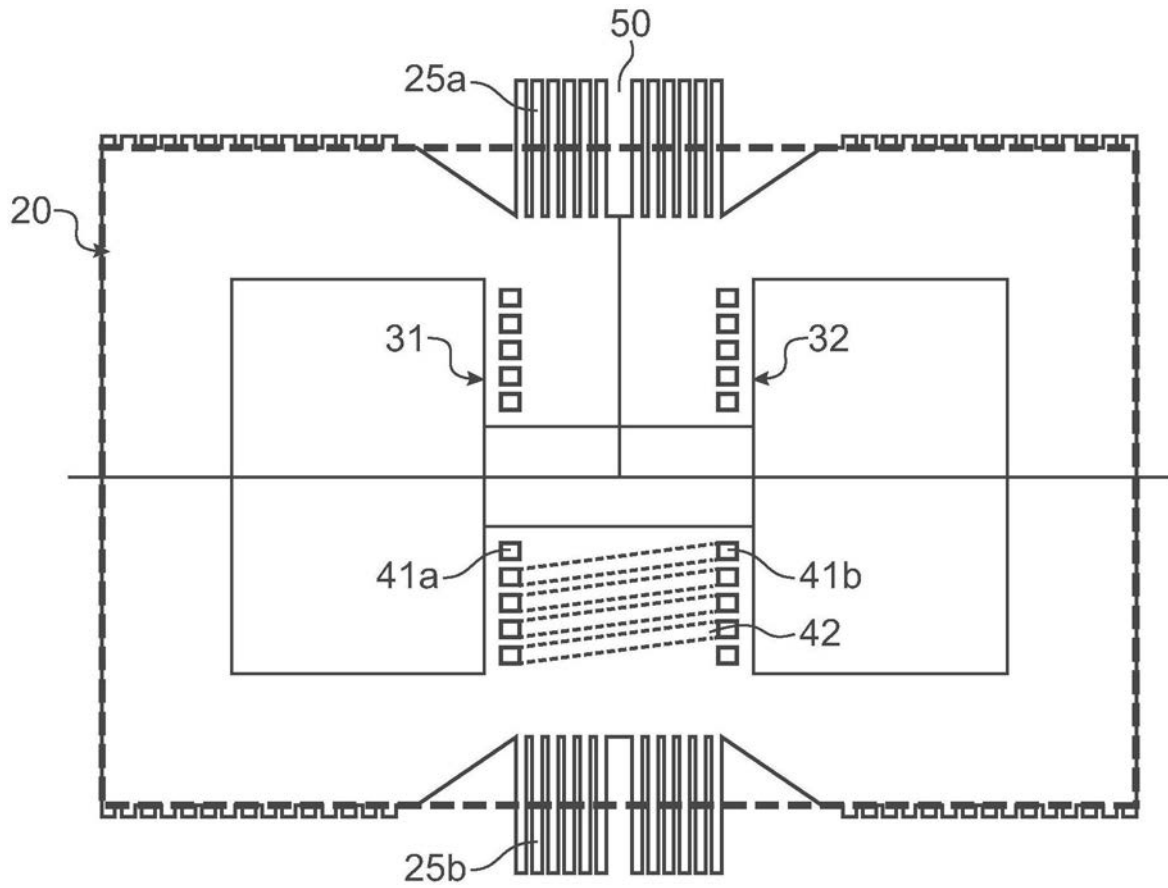


图7