(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 104779037 B
(45)授权公告日 2018.01.30

(21)申请号 201410010435.4

(22)申请日 2014.01.09

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104779037 A

(43)申请公布日 2015.07.15

(73)专利权人 台达电子企业管理(上海)有限公司
地址 201209 上海市浦东新区华东路1675号1幢1层,7-8层

(72)发明人 代明辉 代克 周锦平 周敏 刘腾

(74)专利代理机构 北京律智知识产权代理有限公司 11438
代理人 姜怡 阚梓瑄

(51)Int.Cl.
H01F 27/24(2006.01)

(56)对比文件

US 4668931 A,1987.05.26,说明书第3栏第26-68行，第4栏第1-68行，第5栏第1-68行，第6栏第1-42行、附图1-7.

US 4668931 A,1987.05.26,说明书第3栏第26-68行，第4栏第1-68行，第5栏第1-68行，第6栏第1-42行、附图1-7.

CN 202839232 U,2013.03.27,说明书第[0057]-[0069]段、附图3.

CN 101373657 A,2009.02.25,全文.

JP 2013080949 A,2013.05.02,全文.

US 2947961 A,1960.08.02,全文.

US 6100783 A,2000.08.08,全文.

CN 202495321 U,2012.10.17,全文.

审查员 秦晓彤

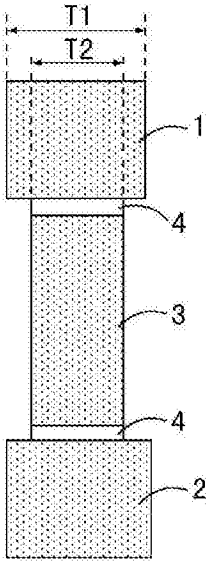
权利要求书1页 说明书7页 附图12页

(54)发明名称

电抗器

(57)摘要

本发明提供了一种磁芯结构及电抗器。磁芯结构包括相对布置的上盖板和下盖板以及两端分别连接于上盖板和下盖板的至少一个绕线柱。其中，上盖板和/或下盖板的截面面积大于绕线柱的截面面积。上盖板、下盖板以及绕线柱由磁粉芯材料、非晶材料、纳米晶材料或硅钢材料制成。由于上盖板和/或下盖板的截面面积大于绕线柱的截面面积，因此能给电感器或电抗器带来优异的直流偏置特性，且具有更低的磁芯损耗。



CN 104779037 B

1.一种电抗器，包括磁芯结构和至少一个绕组，其特征在于，所述磁芯结构包括相对布置的上盖板和下盖板以及两端分别连接于所述上盖板和下盖板的至少一个绕线柱，所述上盖板和/或下盖板的截面面积大于所述绕线柱的截面面积；所述上盖板、下盖板沿前后方向的厚度大于所述绕线柱沿前后方向的厚度，所述上盖板、所述下盖板以及所述绕线柱由磁粉芯材料、非晶材料、纳米晶材料或硅钢材料制成；所述至少一个绕组分别绕设于所述磁芯结构的所述至少一个绕线柱上，其中所述绕组采用扁金属线以立绕方式绕设于绕线柱上。

2.如权利要求1所述的电抗器，其特征在于，所述磁芯结构的上盖板、下盖板的高度不小于所述绕线柱的宽度。

3.如权利要求1所述的电抗器，其特征在于，所述绕线柱的直流偏置特性优于所述上盖板和/或下盖板的直流偏置特性。

4.如权利要求1所述的电抗器，其特征在于，所述绕线柱的损耗特性优于所述上盖板和/或下盖板的损耗特性。

5.如权利要求1所述的电抗器，其特征在于，所述上盖板、下盖板的横截面面积与所述绕线柱的横截面面积的比例范围为1.1～3。

6.如权利要求1所述的电抗器，其特征在于，所述绕线柱的横截面形状为圆形、椭圆形或带导角的矩形。

7.如权利要求1所述的电抗器，其特征在于，所述绕线柱的数目为两个、3个或5个。

8.如权利要求1所述的电抗器，其特征在于，所述上盖板、下盖板的材料是铁硅磁粉芯、铁硅铝磁粉芯、铁磁粉芯，所述绕线柱的材料是铁硅磁粉芯或铁镍磁粉芯。

9.如权利要求1所述的电抗器，其特征在于，所述上盖板和/或下盖板为长方体状。

电抗器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种磁芯结构及电抗器。

背景技术

[0002] 用于开关电源的功率磁性器件，广泛应用于电力电子领域，如：不间断电源(UPS)、有源滤波器(APF)、静态无功补偿器(SVG)、太阳能逆变器、电源适配器或通信电源等领域。

[0003] 开关电源频率较高，通常所使用的磁性材料主要为铁氧体、磁粉芯、非晶、纳米晶、硅钢等材料。在很多应用场合，电力电子产品会有电流过载的工作需求，即要求电力电子产品的过载电流大于额定电流，有时甚至高出额定电流很多倍，如UPS外接RCD负载时的工作状态，其过载电流大于额定电流有效值2～3倍。在这种工作状态下，磁性器件如电感器或电抗器仍然需要维持一定的电感量。因此，如果电感器或电抗器的感量随负载电流变化而产生很大变化的话，会造成产品故障。

[0004] 如图1A和图1B所示，传统的电抗器或电感的磁芯结构，包括相对布置的上盖板1、下盖板2以及连接于上盖板1和下盖板2之间的两个绕线柱3。通常每个绕线柱3与盖板2之间设有气隙4，气隙4可以由玻璃纤维垫片等形成。

[0005] 传统的电抗器或电感的磁芯结构中，上盖板1和下盖板2的横截面面积与绕线柱3的横截面面积是基本相等的，直流偏置(DC-Bias)特性差，维持感量稳定能力不足。

[0006] 在所述背景技术部分公开的上述信息仅用于加强对本公开的背景的理解，因此它可以包括不构成对本领域普通技术人员已知的现有技术的信息。

发明内容

[0007] 本发明的一个目的在于针对上述现有技术的缺陷，提供一种具有良好感量稳定性的磁芯结构，其能给电感器或电抗器带来优异的直流偏置特性，且具有更低的磁芯损耗。

[0008] 本发明的另一个目的在于提供一种具有本发明磁芯结构的电抗器。

[0009] 本发明的额外方面和优点将部分地在下面的描述中阐述，并且部分地将从描述中变得显然，或者可以通过本公开的实践而习得。

[0010] 根据本发明的一个方面，本发明提供一种磁芯结构，包括相对布置的上盖板和下盖板以及两端分别连接于所述上盖板和下盖板的至少一个绕线柱。其中，所述上盖板和/或下盖板的截面面积大于所述绕线柱的截面面积。所述上盖板、所述下盖板以及所述绕线柱由磁粉芯材料、非晶材料、纳米晶材料或硅钢材料制成。

[0011] 根据本发明的一实施方式，所述绕线柱的直流偏置特性优于所述上盖板和/或下盖板的直流偏置特性。

[0012] 根据本发明的一实施方式，所述绕线柱的损耗特性优于所述上盖板和/或下盖板的损耗特性。

[0013] 根据本发明的一实施方式，所述上盖板、下盖板的厚度不小于所述绕线柱的厚度，所述上盖板、下盖板的高度大于所述绕线柱的宽度。

[0014] 根据本发明的一实施方式，所述上盖板、下盖板的高度不小于所述绕线柱的宽度，所述上盖板、下盖板的厚度大于所述绕线柱的厚度。

[0015] 根据本发明的一实施方式，所述上盖板、下盖板的横截面面积与所述绕线柱的横截面面积的比例范围为1.1～3。

[0016] 根据本发明的一实施方式，所述绕线柱的横截面形状为圆形、椭圆形或带导角的矩形。

[0017] 根据本发明的一实施方式，所述绕线柱的数目为两个、3个或5个。

[0018] 根据本发明的一实施方式，所述上盖板、下盖板的材料是铁硅磁粉芯、铁硅铝磁粉芯、铁磁粉芯，所述绕线柱的材料是铁硅磁粉芯或铁镍磁粉芯。

[0019] 根据本发明的一实施方式，所述上盖板和/或下盖板为长方体状。

[0020] 根据本发明的一个方面，本发明提供一种电抗器，包括磁芯结构和至少一个绕组。其中所述磁芯结构是本发明所述的磁芯结构，所述至少一个绕组分别绕设于所述磁芯结构的至少一个绕线柱上。

[0021] 根据本发明的一实施方式，所述上盖板、下盖板的厚度不小于所述绕线柱的厚度，所述磁芯结构的上盖板、下盖板的高度大于所述绕线柱的宽度。

[0022] 根据本发明的一实施方式，所述磁芯结构的上盖板、下盖板的厚度等于所述绕线柱的厚度。

[0023] 根据本发明的一实施方式，所述绕组由金属箔绕制而成。

[0024] 根据本发明的一实施方式，所述上盖板、下盖板的高度不小于所述绕线柱的宽度，所述磁芯结构的上盖板、下盖板的厚度大于所述绕线柱的厚度。

[0025] 根据本发明的一实施方式，所述绕组由金属线绕制而成。

[0026] 由上述技术方案可知，本发明的磁芯结构的优点和积极效果在于：本发明磁芯结构中，由于上盖板和/或下盖板的截面面积大于绕线柱的截面面积，因此能给电感器或电抗器带来优异的直流偏置特性和感量稳定性，且具有更低的磁芯损耗。

附图说明

[0027] 通过参照附图详细描述其示例实施方式，本发明的上述和其它特征及优点将变得更加明显。

[0028] 图1A是传统的磁芯结构的结构示意图；

[0029] 图1B是图1A的左视图；

[0030] 图2A是本发明的磁芯结构第一实施方式的结构示意图；

[0031] 图2B是图2A的左视图；

[0032] 图3A是本发明的磁芯结构第二实施方式的结构示意图；

[0033] 图3B是图3A的左视图；

[0034] 图4A是本发明的磁芯结构第三实施方式的结构示意图；

[0035] 图4B是图4A的左视图；

[0036] 图5A是本发明的磁芯结构第四实施方式的结构示意图；

[0037] 图5B是图5A的左视图；

[0038] 图6A是本发明的磁芯结构第五实施方式的结构示意图；

[0039] 图6B是图6A的左视图；

[0040] 图7A是本发明的磁芯结构第六实施方式的结构示意图；

[0041] 图7B是图7A的左视图；

[0042] 图8A是本发明的电抗器第一实施方式的结构示意图；

[0043] 图8B是图8A的俯视图；

[0044] 图9是本发明的电抗器第一实施方式中在不同的横截面面积比例下的DC-Bias曲线图；

[0045] 图10是为低频功率电流叠加高频纹波的电流样式，UPS储能电感的电流波形；

[0046] 图11A是本发明的电抗器第二实施方式的结构示意图；

[0047] 图11B是图11A的俯视图；

[0048] 图12A是本发明的电抗器第三实施方式的结构示意图；

[0049] 图12B是图12A的俯视图；

[0050] 图13A是本发明的电抗器第四实施方式的结构示意图；

[0051] 图13B是图13A的俯视图；

[0052] 图14是本发明的电抗器第五实施方式的结构示意图。

[0053] 其中，主要元件符号说明如下：

[0054] 1、上盖板

[0055] 2、下盖板

[0056] 3、绕线柱

[0057] 4、气隙

[0058] 5、散热风道

[0059] 10、扁铜线

[0060] 20、金属箔

具体实施方式

[0061] 本发明的总体发明构思在于使磁芯结构的上盖板和/或下盖板的横截面面积大于绕线柱的横截面面积，从而改善使用该磁芯结构的电感器或电抗器的DC-Bias特性。

[0062] 现在将参考附图更全面地描述示例实施方式。然而，示例实施方式能够以多种形式实施，且不应被理解为限于在此阐述的实施方式；相反，提供这些实施方式使得本公开将全面和完整，并将示例实施方式的构思全面地传达给本领域的技术人员。图中相同的附图标记表示相同或类似的结构，因而将省略它们的详细描述。

[0063] 所描述的特征、结构或特性可以以任何合适的方式结合在一个或更多实施方式中。在下面的描述中，提供许多具体细节从而给出对本公开的实施方式的充分理解。然而，本领域技术人员将意识到，可以实践本公开的技术方案而没有所述特定细节中的一个或更多，或者可以采用其它的方法、组件、材料等。在其它情况下，不详细示出或描述公知结构、材料或者操作以避免模糊本公开的各方面。

[0064] 磁芯结构实施方式1

[0065] 参照图2A和图2B。本发明的磁芯结构第一实施方式，包括相对布置的上盖板1、下盖板2以及连接于上盖板1和下盖板2之间的两个绕线柱3。

[0066] 每个绕线柱3的上、下端部与盖板2之间分别设有气隙4。其中，绕线柱3的数目也可以只有一个或者多个；上盖板1、下盖板2和绕线柱3的形状均为长方体状，当然不以此为限，上盖板1、下盖板2或绕线柱3还可以是圆柱体等其它形状。

[0067] 上盖板1的横截面(即沿着图2A中A-A线所作的剖面)面积大于绕线柱3的横截面(即沿着图2A中B-B线所作的剖面)面积；下盖板2的横截面面积大于绕线柱3的横截面面积。

[0068] 该磁芯结构第一实施方式中，上盖板1的高度H大于或等于绕线柱3的宽度W，上盖板1的厚度T1大于绕线柱3的厚度T2，下盖板2的厚度T1大于绕线柱3的厚度T2。

[0069] 上盖板1、下盖板2、绕线柱3的材料可以为磁粉芯材料，当然不以此为限，还可以是非晶材料、纳米晶材料或硅钢材料。

[0070] 磁芯结构实施方式2

[0071] 参照图3A和图3B。本发明的磁芯结构第二实施方式，其与第一实施方式的不同之处仅在于：

[0072] 上盖板1的厚度、下盖板2的厚度以及绕线柱3的厚度均相等，这样，磁芯结构第二实施方式的前表面及后表面各自在一个平面内。

[0073] 为了保证上盖板1、下盖板2的横截面面积大于绕线柱3的横截面面积，在上盖板1的厚度、下盖板2的厚度与绕线柱3的厚度相同情况下，上盖板1的高度H大于绕线柱3的宽度W，下盖板2的高度大于绕线柱3的宽度。

[0074] 在其它实施方式中，为了保证上盖板1、下盖板2的横截面面积大于绕线柱3的横截面面积，也可以使上盖板1、下盖板2的厚度大于或等于绕线柱3的厚度；或者使上盖板1的高度H大于绕线柱3的宽度W，下盖板2的高度大于绕线柱3的宽度。

[0075] 该磁芯结构第二实施方式的其它结构与第一实施方式基本相同，这里不再赘述。

[0076] 磁芯结构实施方式3

[0077] 参照图4A和图4B。本发明的磁芯结构第三实施方式，其与第一实施方式的不同之处仅在于：

[0078] 绕线柱3的材料不同于上盖板1和下盖板2的材料。其中上盖板1和下盖板2所用材料的DC-Bias(亦即，直流偏置)性能比绕线柱3所用材料磁芯的DC-Bias性能差。例如上盖板1和下盖板2采用铁硅铝磁粉芯材料(Sendust，koolmu)、铁硅磁粉芯材料(FeSi，Megaflux，Xflux)、或铁磁粉芯材料，绕线柱3采用铁硅磁粉芯材料或铁镍磁粉芯材料(Highflux，KH)。

[0079] 该磁芯结构第三实施方式中，可利用DC-Bias较差的材料代替DC-Bias特性较好的材料来制成上盖板1和下盖板2，使用该磁芯结构的电感器或电抗器依然能获得较好的DC-Bias性能。

[0080] 另外，上盖板1和下盖板2所用材料的损耗比绕线柱3所用材料的损耗高。由于上、下盖板处磁感应强度较低，磁芯损耗较小。因此，利用磁芯损耗特性差的材料代替磁芯损耗特性好的材料制成上、下盖板，依然能获得较低的磁芯损耗，从而降低了该磁芯结构的原料成本。

[0081] 该磁芯结构第三实施方式的其它结构与第一实施方式基本相同，这里不再赘述。

[0082] 磁芯结构实施方式4

[0083] 参照图5A和图5B。本发明的磁芯结构第四实施方式，其与第三实施方式的不同之处仅在于：

[0084] 上盖板1的厚度、下盖板2的厚度以及绕线柱3的厚度均相等。这样，磁芯结构第四实施方式的前表面及后表面各自在一个平面内。为了保证上盖板1、下盖板2的横截面面积大于绕线柱3的横截面面积，上盖板1的高度H大于绕线柱3的宽度W，下盖板2的高度大于绕线柱3的宽度。

[0085] 该磁芯结构第四实施方式的其它结构与第三实施方式基本相同，这里不再赘述。

[0086] 磁芯结构实施方式5

[0087] 参照图6A和图6B。本发明的磁芯结构第五实施方式，其与第一实施方式的不同之处仅在于：

[0088] 该磁芯结构第五实施方式具有三个绕线柱3，从而形成了三相三柱磁芯结构。因此，本发明磁芯结构不限于单相磁芯结构，也适用于三相磁芯结构。

[0089] 该磁芯结构第五实施方式的其它结构与第一实施方式基本相同，这里不再赘述。

[0090] 磁芯结构实施方式6

[0091] 参照图7A和图7B。本发明的磁芯结构第六实施方式，其在第三实施方式的基础上，进一步增加了两个柱子6，从而形成了三相五柱磁芯结构。增加的两个柱子6的材质可以与上盖板和下盖板的材质相同，柱子6上下端部与上盖板1、下盖板2之间可以不特别设置气隙。

[0092] 该磁芯结构第五实施方式的其它结构与第一实施方式基本相同，这里不再赘述。

[0093] 电抗器实施方式1

[0094] 参照图8A和图8B。本发明的电抗器第一实施方式，包括磁芯结构和绕组。

[0095] 磁芯结构类似于本发明磁芯结构第一实施方式，包括相对布置的上盖板1、下盖板2以及连接于上盖板1和下盖板2之间的两个绕线柱3。绕线柱3的横截面呈矩形，且其横截面面积小于上盖板1和下盖板2的横截面面积。

[0096] 绕组采用扁金属线例如扁铜线10以立绕方式绕设于绕线柱3上，相邻两层扁铜线10之间具有散热风道。扁金属线采用立绕方式有助于散热。

[0097] 需要说明的是，绕组也可以采用金属箔绕置于绕线柱上。

[0098] 该磁芯结构第一实施方式中，上盖板1和下盖板2的横截面(与磁通垂直的面)面积与绕线柱3的横截面(与磁通垂直的面)面积比为1.1，当然该比例不以1.1为限，通常在1.1～3之间都是可行的。不同的比例会对应不同的DC-Bias特性曲线。如图9所示，对于一个额定电流190A，最大电流603A的电抗器，不同上、下盖板的横截面面积与绕线柱的横截面面积比会得到不同的DC-Bias特性曲线。从图9中可以看出随着负载电流的增大，横截面积比为1.1和横截面积比为3的方案的DC-Bias特性要比横截面积比为1的好很多(纵坐标为电感百分比)。DC-Bias特性是指当磁芯材料中有磁场通过时，其增量磁导率会随着磁场的增加而逐渐降低。增量磁导率的定义如下：

[0099] $$\mu_{\Delta} = \frac{1}{\mu_0}\frac{\Delta B}{\Delta H}\Big|_{H_-}$$

[0100] 其中，μ_{Δ}表示增量磁导率，μ_0表示真空磁导率，是一常数，

[0101] ΔB表示磁感应强度变化量，ΔH表示磁场强度变化量，H_表示在某种负载下的磁场强度。

[0102] 增量磁导率代表的物理意义是：当一个直流(或工频)磁场叠加一个交流磁场的情

况下，交流分量的磁导率。对于电力电子产品，很多电感的电流波形是一个低频电流和/或电压叠加交流纹波的波形如图10，这时电感内部的磁场也是这样的波形。而此时需要的感量是对交流纹波的感量，衡量这个感量的便是增量磁导率μ_{Δ}。相同的低频磁场强度下，增量磁导率(对应电感带负载时的感量)与初始磁导率(对应电感的初始感量)相比下降的百分比大小说明此磁芯结构的维持感量稳定的能力，如果其降低的越多说明磁芯结构维持感量稳定性的能力越差，即其DC-Bias性能越差。相反，如果其降低的越慢说明磁芯结构维持感量稳定性的能力越强，即其DC-Bias性能越好。

[0103] 本发明的电抗器第一实施方式中，上盖板1和下盖板2的横截面面积大于绕线柱3的横截面面积，与如图1A和图1B所示的传统的盖板横截面面积与绕线柱横截面面积相等的磁芯结构相比，本发明的电抗器第一实施方式中上盖板1和下盖板2的磁阻R2'小于传统结构中上下盖板的磁阻R2。由于磁芯结构通常会存在气隙(分布式气隙或集中气隙)，本发明的电抗器第一实施方式可以通过增加气隙磁阻Rg2来分磁压，绕线柱的磁阻不变，保证整个磁芯结构的磁阻不变，初始感量不变，这样在实际工况下，图2B所示结构的上、下盖板磁压降比图1B所示磁芯结构的磁压降小，于是，上、下盖板处的增量磁导率跌落减小，而绕线柱内的磁场强度不变，其增量磁导率跌落不变，因此整体电抗器来看，整体的感量跌落变小，即DC-Bias性能变好。此处的前提条件是让初始感量一致，方便进行比较。当初始感量一致时，两种磁芯结构上、下盖板的交流磁通量不变，而横截面积增大，所以其交流磁感应强度ΔB减小，因此，根据通用的斯坦梅兹公式：$P=cm\cdot\Delta B^{x}\cdot f^{y}$(P单位体积的磁芯损耗，cm，x，y均为常数，ΔB表示交流磁感应强度，f表示工作频率)单位体积的磁芯损耗会降低。另外，由于上、下盖板磁压降减小，而上、下盖板处扩散的空气磁阻不变，漏磁通也会减小，漏磁通引起的绕组损耗也会降低。

[0104] 因此，的电抗器第一实施方式在改善整个磁芯的DC Bias性能的基础上，还减小了上、下盖板的磁芯损耗，减小了上、下盖板处漏磁通及漏磁通引起的绕组损耗。

[0105] 电抗器实施方式2

[0106] 参照图11A和图11B。本发明的电抗器第二实施方式，其与电抗器第一实施方式的不同之处仅在于：

[0107] 绕线柱3的横截面形状为圆形。在绕线柱3的横截面面积相同情况下，圆形的周长最短，因此可减少绕组的长度，从而减少了电阻，降低了绕组损耗。

[0108] 该磁芯结构第二实施方式的其它结构与第一实施方式基本相同，这里不再赘述。

[0109] 电抗器实施方式3

[0110] 参照图12A和图12B。本发明的电抗器第三实施方式，其与电抗器第一实施方式的不同之处仅在于：

[0111] 绕线柱3的横截面形状为椭圆形；

[0112] 绕组采用扁金属线例如扁铜线10以立绕方式绕设于绕线柱3上，相邻两层扁铜线10之间具有散热风道。采用扁金属线立绕方式有助于散热。

[0113] 电抗器第三实施方式中，绕组也可以适用于金属箔。

[0114] 该磁芯结构第三实施方式的其它结构与第一实施方式基本相同，这里不再赘述。

[0115] 电抗器实施方式4

[0116] 参照图13A和图13B。本发明的电抗器第四实施方式，其与电抗器第三实施方式的

不同之处仅在于：

[0117] 绕线柱3的横截面形状为带导角例如圆弧形导角的矩形。

[0118] 该磁芯结构第四实施方式的其它结构与第三实施方式基本相同，这里不再赘述。

[0119] 电抗器实施方式5

[0120] 参照图14。本发明的电抗器第五实施方式，包括磁芯结构和绕组。

[0121] 磁芯结构类似于本发明磁芯结构第二实施方式，包括上盖板1的厚度、下盖板2的厚度以及绕线柱3的厚度均相等，上盖板1的高度H大于绕线柱3的宽度W，下盖板2的高度大于绕线柱3的宽度。该磁芯结构的前表面及后表面各自在一个平面内。

[0122] 绕组采用金属箔20绕制而成。金属箔20与绕线柱3之间设有散热风道5，并且金属箔20层内部也可设置散热风道。

[0123] 该电抗器第五实施方式中的绕组也可以采用扁金属线或其它类型绕线。

[0124] 该磁芯结构第五实施方式的其它结构与第一实施方式基本相同，这里不再赘述。

[0125] 以上具体地示出和描述了本公开的示例性实施方式。应该理解，本公开不限于所公开的实施方式，相反，本公开意图涵盖包含在所附权利要求的精神和范围内的各种修改和等效布置。

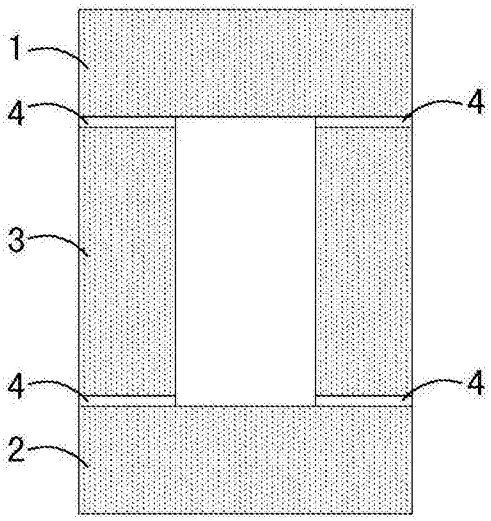


图1A

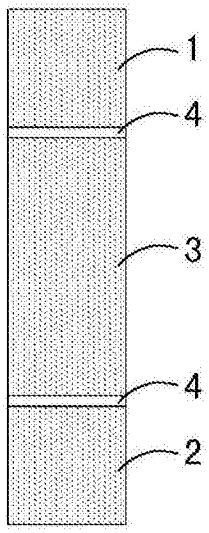


图1B

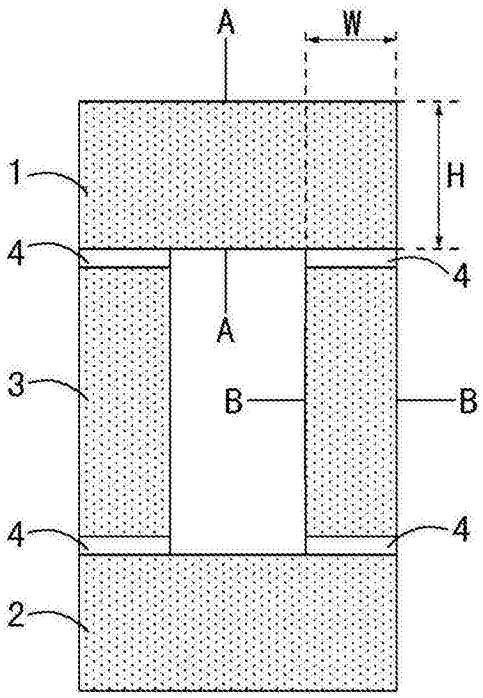


图2A

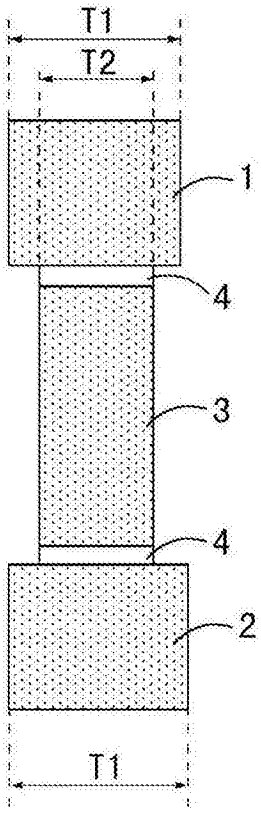


图2B

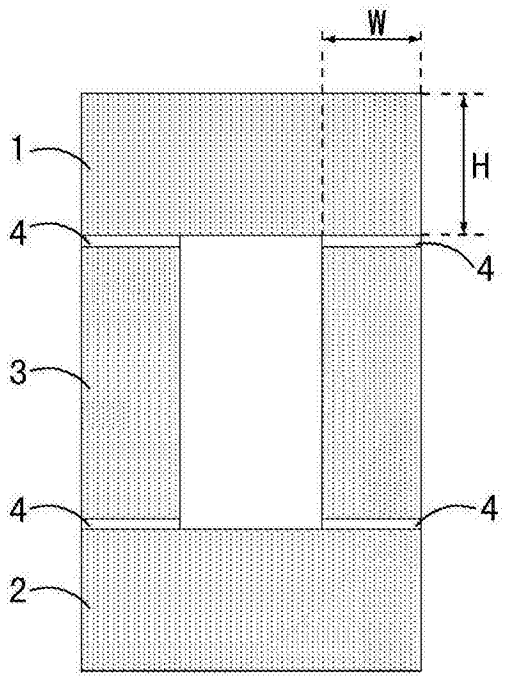


图3A

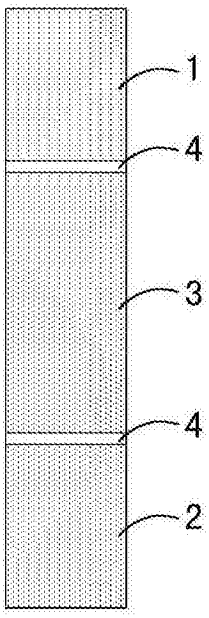


图3B

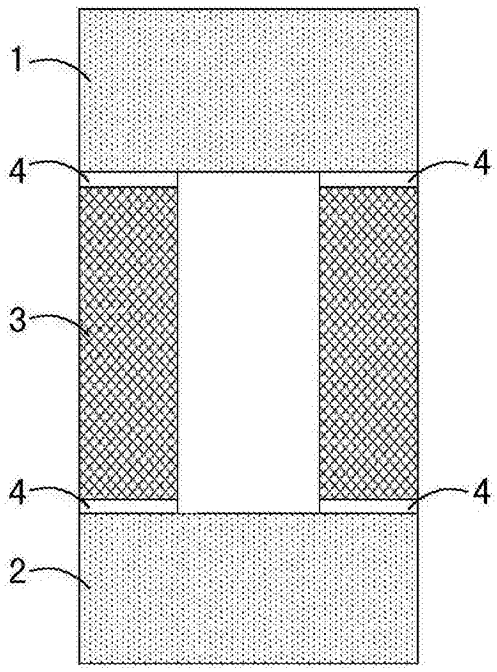


图4A

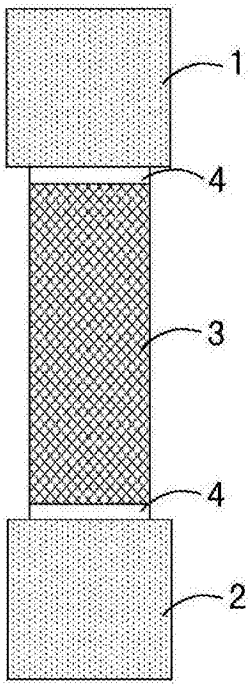


图4B

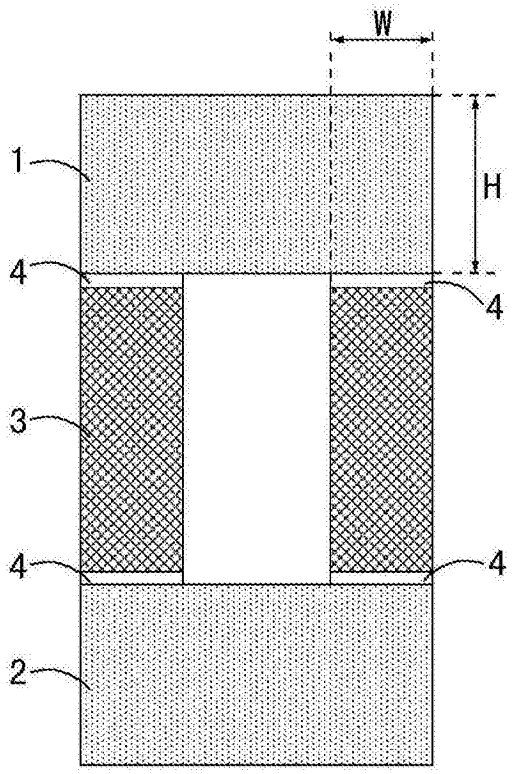


图5A

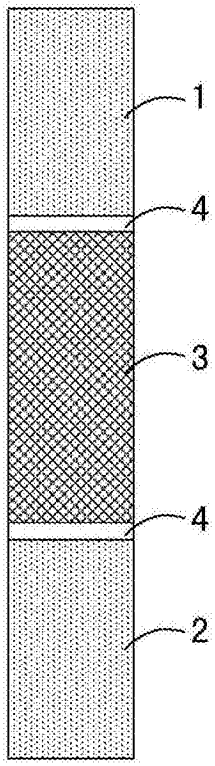


图5B

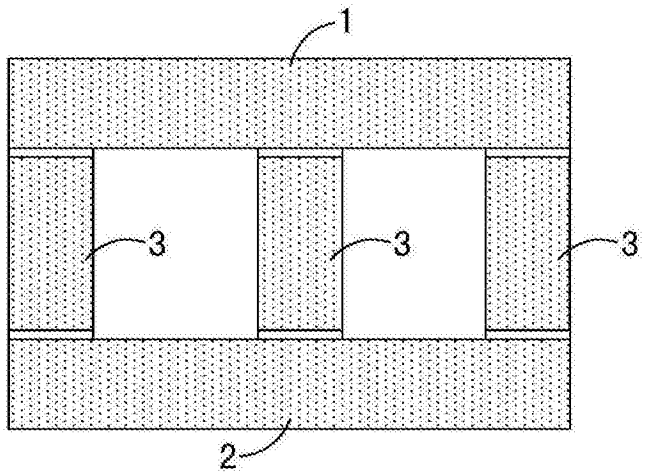


图6A

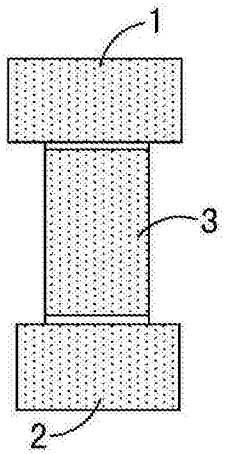


图6B

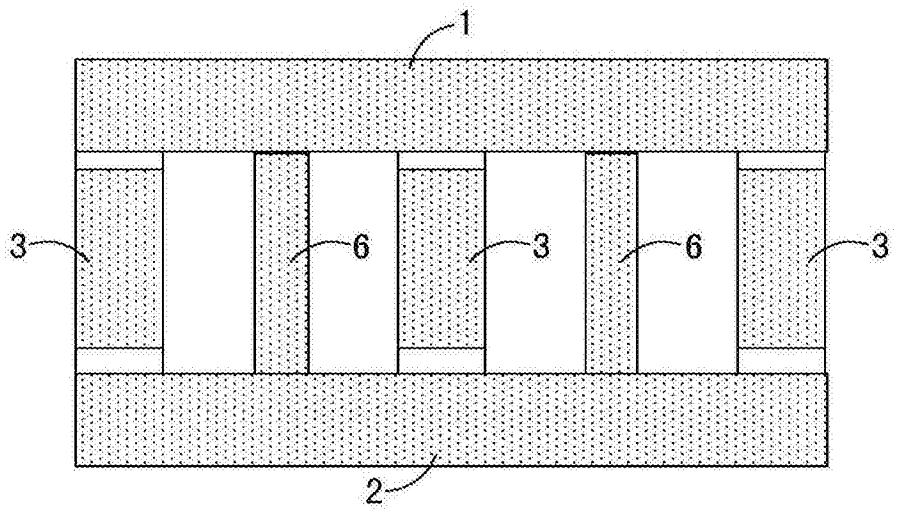


图7A

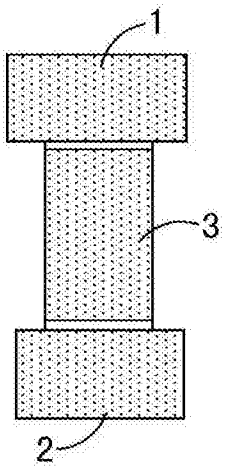


图7B

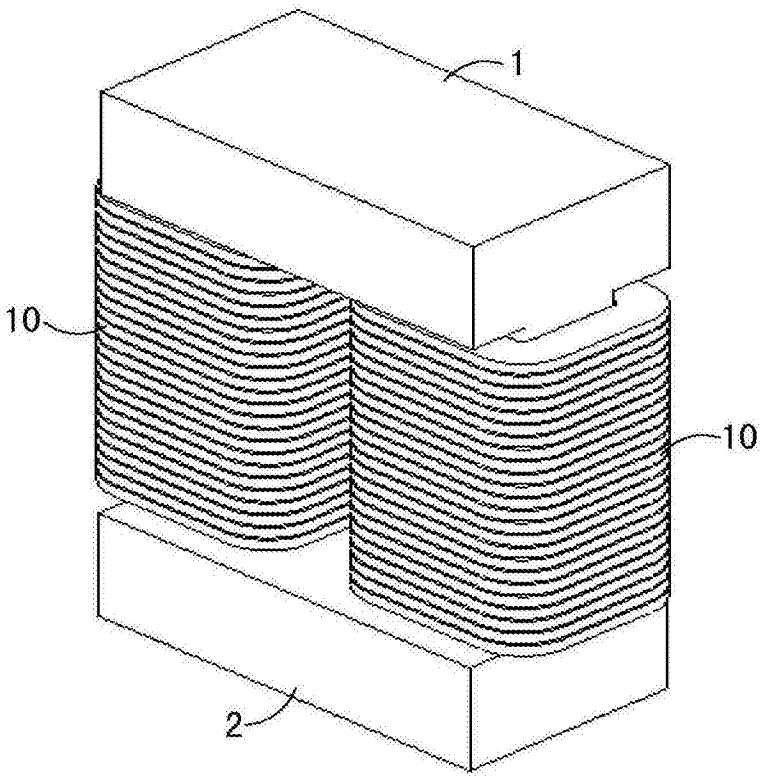


图8A

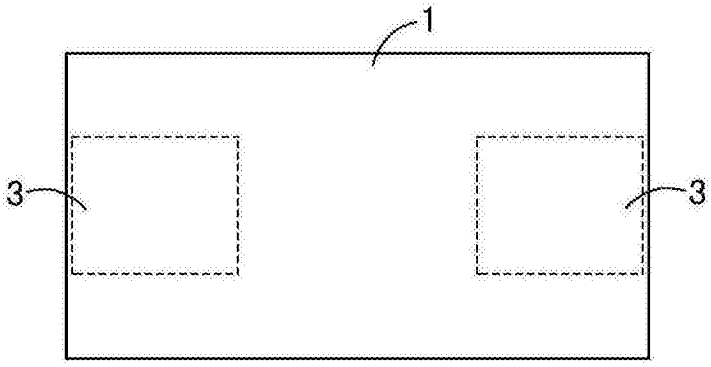

1
3
3

图8B

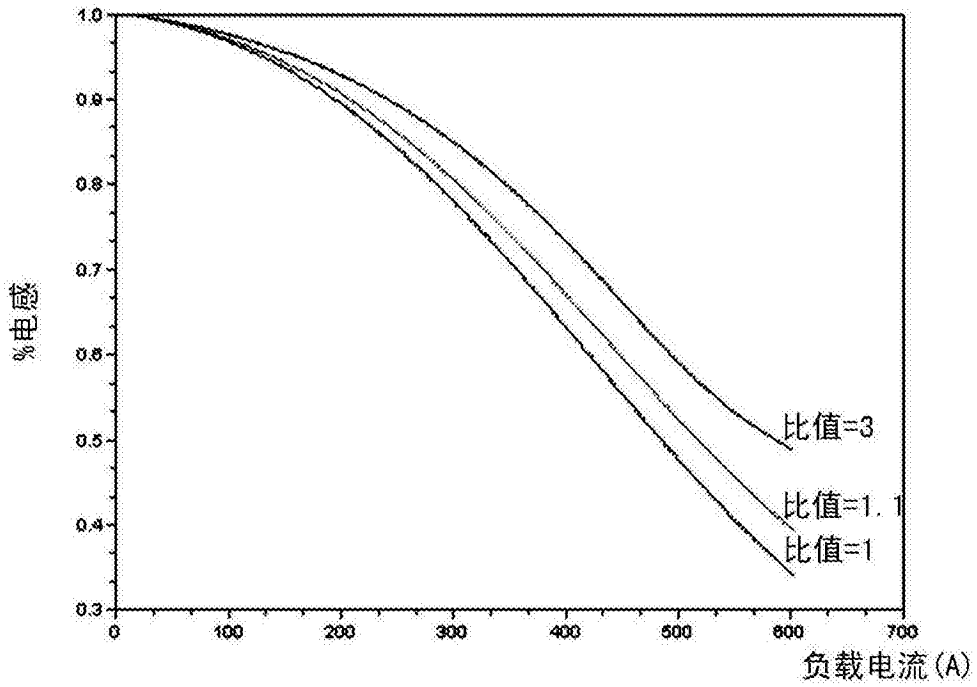

%电感
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0
100
200
300
400
500
600
700
负载电流(A)
比值=3
比值=1.1
比值=1

图9

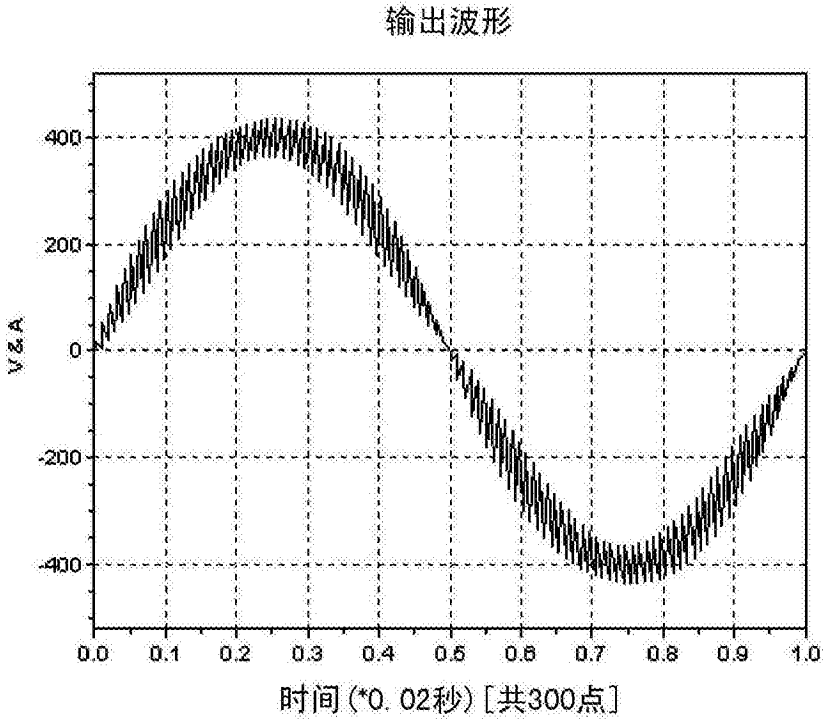

输出波形
400
200
0
-200
-400
V&A
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
时间(*0.02秒)[共300点]

图10

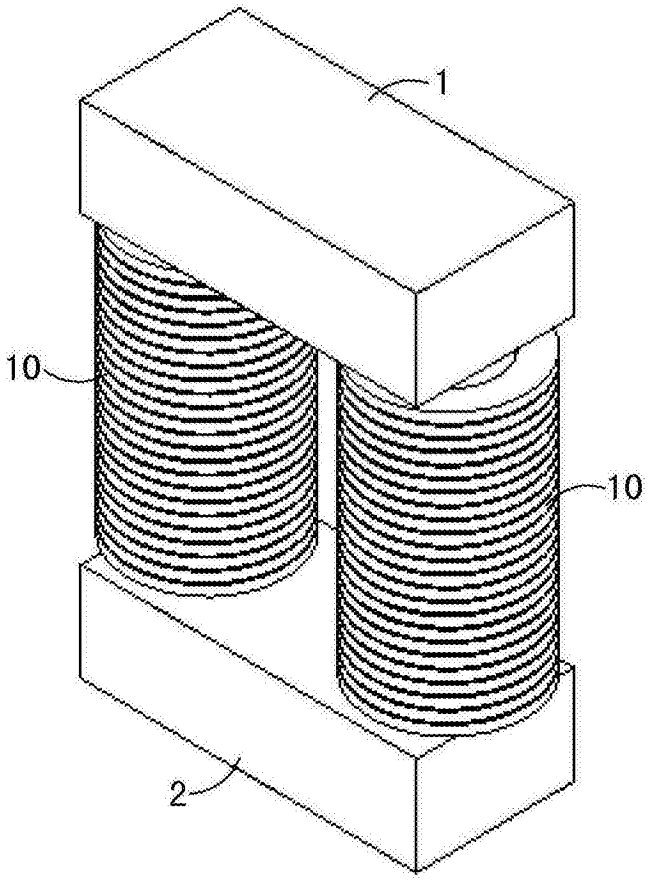

1
10
10
2

图11A

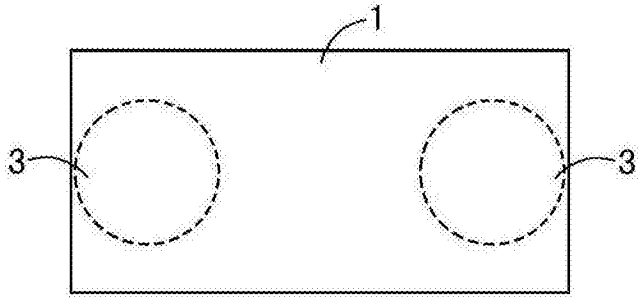


图11B

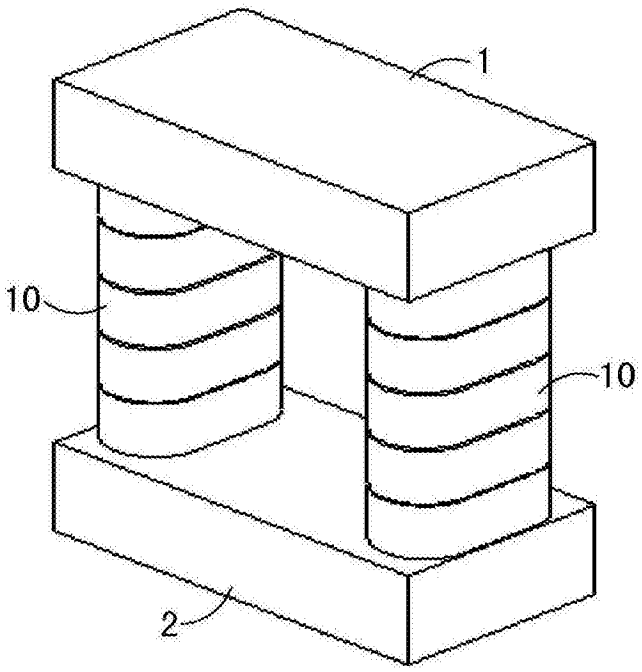


图12A

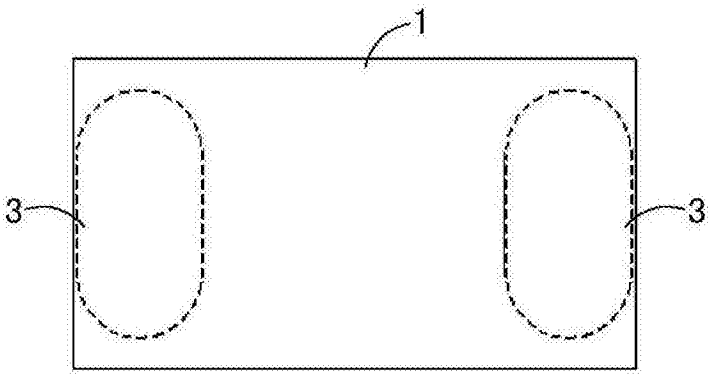


图12B

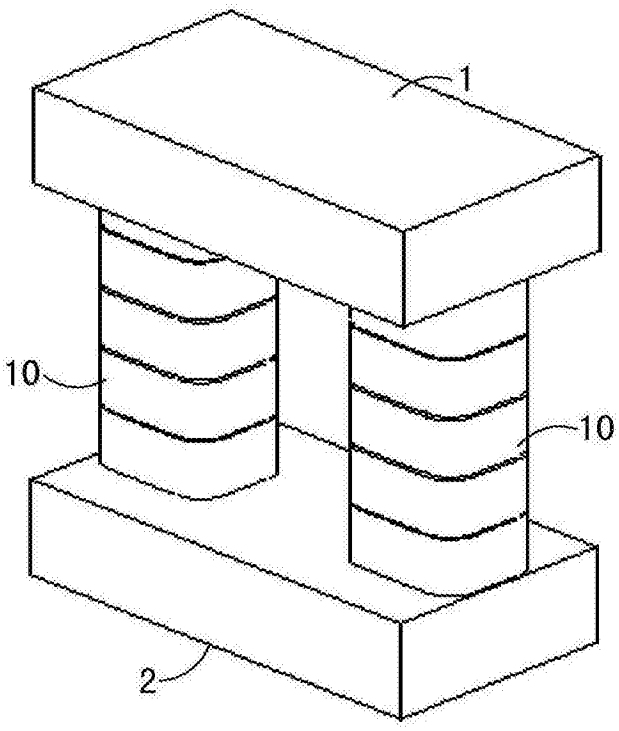


图13A

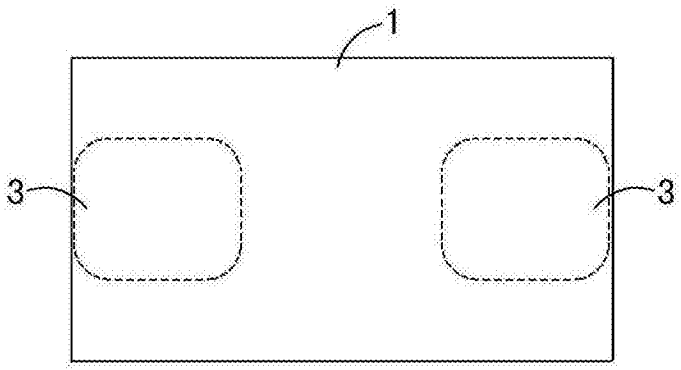


图13B

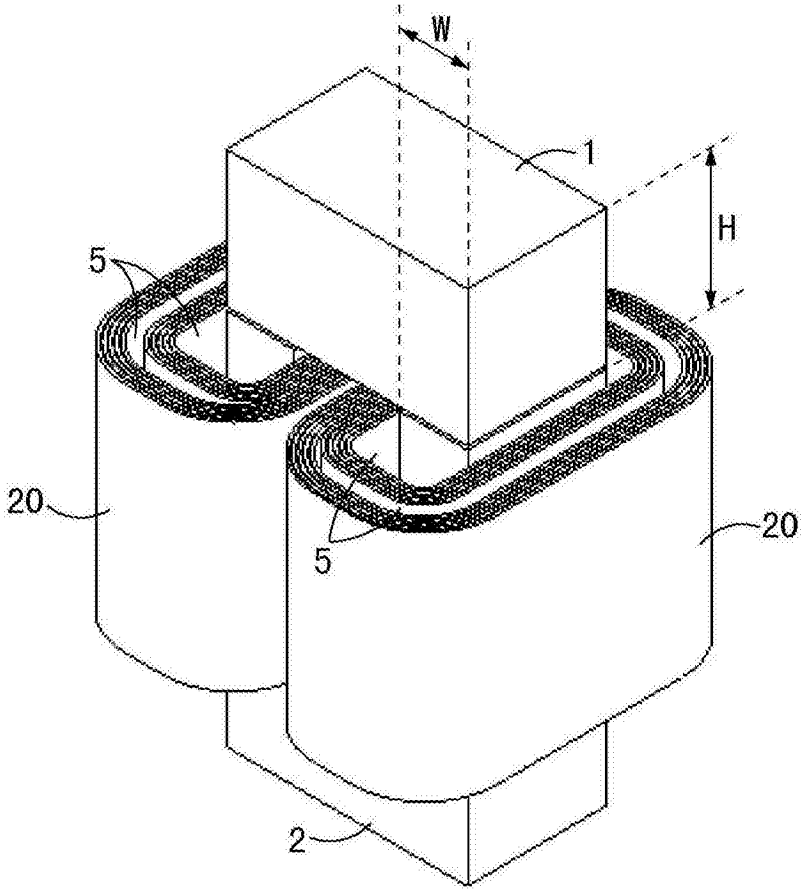


图14