



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108431908 B

(45) 授权公告日 2022.03.04

(21) 申请号 201680074564.7

(22) 申请日 2016.12.16

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108431908 A

(43) 申请公布日 2018.08.21

(30) 优先权数据  
1562599 2015.12.17 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.06.19

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2016/081390 2016.12.16

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02017/103077 FR 2017.06.22

(73) 专利权人 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 3/10 (2006.01)  
H01F 3/14 (2006.01)  
H01F 41/02 (2006.01)

审查员 孟珍

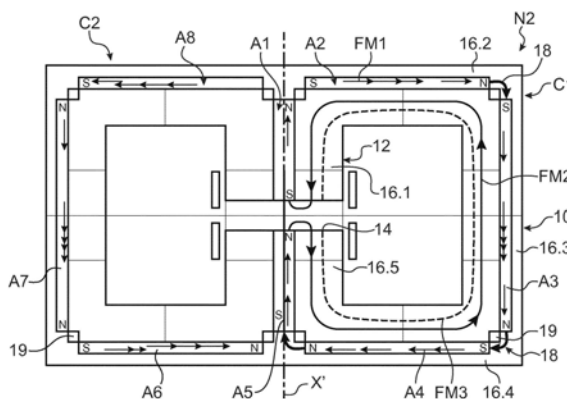
权利要求书3页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

呈现低磁损耗的感应磁芯

(57) 摘要

感应磁芯 (N1) 包括主体 (2) 和磁体 (6), 所述主体包括铁磁材料 (4), 所述磁体 (6) 形成用于使由所述磁体 (6) 产生的磁通量线流通的第一路径, 并且所述铁磁材料 (4) 至少部分地形成用于使所述磁通量线流通的第二路径, 其中, 所述铁磁材料 (4) 沿后者 (6) 在所述磁体 (6) 的磁极之间连续地延伸并且与在其磁极之间延伸的磁体 (6) 的外侧壁的至少一部分接触。



1. 一种用于磁电感器的电感器磁芯,包括:包括铁磁材料的主体和一个或多个磁体,其中,所述磁体至少部分地形成用于使由所述磁体产生的磁通量线流通的第一路径,使得所述第一路径的一端包括指定为南极端的南极,所述第一路径的另一端包括指定为北极端的北极,其中,所述铁磁材料至少部分地形成用于使所述磁通量线流通的第二路径,其中,所述铁磁材料沿所述磁体从所述南极连续延伸到所述北极,并且包括面向所述南极端的非磁性区域和面向所述北极端的非磁性区域,迫使从所述北极端出来的所述磁通量线沿所述第二路径环回至所述南极端,所述非磁性区域指定为非磁性区域端,使得所述电感器磁芯的垂直于所述磁通量线的横截面包括用于流通的所述第一路径和用于流通的所述第二路径两者,其中每个磁体设置在所述主体的空腔中,所述空腔使得每个磁体的侧面至少部分地被所述主体的铁磁材料包围,

其中,所述第一路径的所述南极和所述北极属于不同的磁体,磁体被布置成使得两个连续磁体的相反极性的磁极相互面对。

2. 根据权利要求1所述的电感器磁芯,其中,每个磁体包括在所述南极和所述北极之间的外部侧表面,所述铁磁材料与每个磁体的所述外部侧表面的至少一部分相接触。

3. 根据权利要求1所述的电感器磁芯,其中,所述第一路径的所述南极和所述北极属于单个磁体。

4. 根据权利要求2所述的电感器磁芯,其中,所述第一路径的所述南极和所述北极属于单个磁体。

5. 根据权利要求4所述的电感器磁芯,其中,所述铁磁材料完全包围所述磁体的所述外部侧表面,所述电感器磁芯包括两个端面,所述两个端面中的一个包括所述南极和铁磁材料,所述两个端面中的另一个包括所述北极和铁磁材料,每个端面面向指定为非磁性区域端的非磁性区域。

6. 根据权利要求5所述的电感器磁芯,其中,所述铁磁材料形成容纳所述磁体并且与所述磁体的外表面接触的套筒,并且其中所述磁体的磁极之间的距离与所述磁芯的磁长度相等,所述非磁性区域端由空气形成。

7. 根据权利要求1所述的电感器磁芯,其中,磁极相互面对的两个磁体经由铁磁材料区域相连。

8. 根据权利要求1所述的电感器磁芯,其中,所述主体在铁磁材料的将磁极相互面对的两个磁体分开的每个区域处,包括指定为中间非磁性区域的至少一个非磁性区域,从而防止从一个磁体的北极出来的磁通量线直接环回到该磁体的所述南极,而不会阻止所述磁通量线从两个连续的磁体中的一个磁极到另一个磁极。

9. 根据权利要求8所述的电感器磁芯,其中,每个中间非磁性区域包括空腔。

10. 根据权利要求9所述的电感器磁芯,其中,所述空腔出现在所述主体的相对的外表面中。

11. 根据权利要求10所述的电感器磁芯,其中,所述空腔填充有导热和电绝缘材料。

12. 根据权利要求10所述的电感器磁芯,其中,所述空腔填充有AlN。

13. 根据权利要求7至11之一所述的电感器磁芯,其中,所述主体包括给定厚度,所述磁体在所述主体的整个厚度上延伸。

14. 根据权利要求1所述的电感器磁芯,其中,所述主体包括给定厚度,所述磁体在所述

主体的整个厚度上延伸。

15. 根据权利要求7至11之一所述的电感器磁芯,其中,所述主体包括矩形框架和中心杆,所述中心杆横贯所述框架的最长长度的侧边布置并且平行于所述框架的最短长度的侧边,其中,两条第一路径以关于穿过所述中心杆并且垂直于所述框架的中线面的对称平面对称的方式被限定在所述框架中和所述中心杆中,并且两条第二路径以关于所述对称平面对称的方式被限定在所述框架中和所述中心杆中,其中,所述中心杆包括气隙。

16. 根据权利要求1所述的电感器磁芯,其中,所述主体包括矩形框架和中心杆,所述中心杆横贯所述框架的最长长度的侧边布置并且平行于所述框架的最短长度的侧边,其中,两条第一路径以关于穿过所述中心杆并且垂直于所述框架的中线面的对称平面对称的方式被限定在所述框架中和所述中心杆中,并且两条第二路径以关于所述对称平面对称的方式被限定在所述框架中和所述中心杆中,其中,所述中心杆包括气隙。

17. 根据权利要求15所述的电感器磁芯,其中,所述中心杆包括属于所述两条第一路径的至少两个磁体。

18. 根据权利要求15所述的电感器磁芯,其中,长度较长的每一侧边包括具有相同长度的两个磁体,长度较短的每一侧边包括一个磁体,其中,所述中心杆在所述气隙的每一侧边上都具有磁体,使得所述两条第一路径各自包括五个磁体。

19. 根据权利要求7至11之一所述的电感器磁芯,其中,气隙布置在所述南极端和所述北极端之间,并且形成所述非磁性区域端。

20. 根据权利要求1所述的电感器磁芯,其中,气隙布置在所述南极端和所述北极端之间,并且形成所述非磁性区域端。

21. 根据权利要求1、2、3、4、5、7至11之一所述的电感器磁芯,其中,所述磁体是粘合型磁体,包括分散在由电绝缘材料制成的基体中的至少一种粉末磁性材料。

22. 根据权利要求1所述的电感器磁芯,其中,所述磁体是粘合型磁体,包括分散在由电绝缘材料制成的基体中的至少一种粉末磁性材料。

23. 根据权利要求1、2、3、4、5、7至11之一所述的电感器磁芯,其中,所述铁磁材料的磁导率小于100。

24. 根据权利要求1所述的电感器磁芯,其中,所述铁磁材料的磁导率小于100。

25. 根据权利要求1、2、3、4、5、7至11之一所述的电感器磁芯,其中,尖晶石铁素体NiZn和MnZn中的一者被选作所述铁磁材料。

26. 根据权利要求1所述的电感器磁芯,其中,尖晶石铁素体NiZn和MnZn中的一者被选作所述铁磁材料。

27. 一种电感器,包括根据权利要求1至26之一所述的电感器磁芯和缠绕在所述磁芯的至少一部分上的导体。

28. 一种转换器,包括至少一个电子部件和至少一个根据权利要求27所述的电感器。

29. 一种用于制造根据权利要求1至26之一所述的电感器磁芯的制造方法,包括以下步骤:

a) 提供至少一个磁体,

b) 利用包括有机物质和至少一种铁磁粉末的原料通过注射成型制造由铁磁材料制成的主体,从而设置至少一个用于将所述磁体安装在所述主体中的空腔,

c) 将所述磁体安装在所述空腔中。

30. 根据权利要求29所述的制造方法, 其中, 在步骤b) 期间, 产生至少一个空腔以形成非磁性区域。

31. 根据权利要求30所述的制造方法, 包括在所述空腔中放置非磁性的、非导电的且导热的材料以形成所述非磁性区域的步骤。

32. 根据权利要求29、30或31所述的制造方法, 其中, 在步骤a) 期间所述磁体是粘合磁体。

33. 根据权利要求32所述的制造方法, 其中, 通过模制聚合物基体和至少一种磁性粉末的混合物来制造所述磁体。

34. 根据权利要求29至31其中之一所述的制造方法, 其中, 步骤b) 包括模制所述原料的子步骤, 去粘合的子步骤和热处理的子步骤。

35. 根据权利要求34所述的制造方法, 其中, 在去粘合的子步骤之后, 通过将温度提高至高于所述去粘合的温度, 直接执行所述热处理的子步骤。

36. 一种用于制造根据权利要求1至26之一所述的电感器磁芯的制造方法, 包括以下步骤:

a') 提供至少一个磁体;

b') 通过在磁体上包覆成型来制造由铁磁材料制成的主体。

## 呈现低磁损耗的感应磁芯

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于制造电感器的电感器磁芯,特别是用于制造特别是在例如介于100kHz和10MHz之间的高频下的功率电子设备的领域中的无源元件。

### 背景技术

[0002] 电感器包括磁芯和电导体,所述电导体布置为围绕磁芯的一部分环绕成N匝。所述磁芯以铁磁材料构成,该铁磁材料的特征在于相对磁导率为 $\mu$ 。在运行中,交流电流流过匝圈,在磁芯中产生相同频率的磁感应。

[0003] 这样的电感器被用在例如电力转换器中,电力转换器作为一种电子设备具有根据规格来适配由电源输送的电压和电流以供应给配电网或给定的电气系统的功能。

[0004] 该转换器包括作为开关(有源元件)以给定频率切换的电子元件。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“切削”输入电压。为了输出连续的电压,电感器被用于在每个周期中存储和释放电能以及将输出电压平滑至其平均值。这些所谓的“无源”元件在转换器的运行中是必不可少的,但它们可以代表转换器的高达40%的体积和成本。

[0005] 可制造出运行在高频率(例如高于1MHz)下的转换器是可能的,这归功于使用材料GaN,这使得可以制造可以以非常高的频率开关的晶体管。理论上,提高频率是有价值的,因为它可以减少转换器的无源元件的体积,从而减小这些器件的尺寸,重量和成本。实际上,通过增加斩波频率,会增加电循环次数,并且因此磁芯在给定时间内传递的能量会以相同的比例增加。由于转换器的功率保持不变,理论上可以以与频率成反比的方式减小磁电感器的体积。

[0006] 能够兼容在100kHz和10MHz之间的频率运行的电感器具有在1 $\mu$ H和10mH之间的电感值。最合适的电感器是由铁磁材料制成的单片电感器。该材料的特征在于相对磁导率 $\mu_r > 50$ 并且磁感应强度 $B_s > 100$ mT。

[0007] 具有尖晶石晶体结构的铁氧体型氧化物材料在高频下具有稳定的渗透率值。由于这个原因,它们被非常广泛地用作电感器磁芯,特别是用于在100kHz和10MHz之间的高频运行。最常见的化学式是 $(\text{Mn}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4)$ 和 $(\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4)$ 。这些材料的特征还在于高电阻率值,其限制由感应电流造成的损耗。

[0008] 然而这些铁磁材料易于发生能量耗散过程(也称为磁损耗)。磁损耗在磁芯体积的所有点处以热量的形式耗散。

[0009] 此外,匝中的电流产生磁场和与包括连续分量和可变分量的电流具有相同频率的可变磁感应强度。

[0010] 可变磁感应强度的峰值可写为:

$$[0011] \quad \hat{B} = B_{DC} + \frac{\Delta B}{2}$$

[0012]  $B_{DC}$ 表示连续分量, $\Delta B/2$ 表示可变分量的两个极值之间的平均值。

[0013] 然而磁损耗随着频率和磁感应强度的峰值而增加。

[0014] 一种用于减少磁损耗的技术就是减小磁感应强度的峰值。

[0015] 第一种解决方案在于通过使连续电流绕磁芯流通来产生磁性极化。通过应用安培定理来确定连续电流的强度,以便产生恒定的感应强度值并且符号与由转换器设置的连续分量 $B_{DC}$ 的符号相反。文献US6388896中描述了这种解决方案。该解决方案的磁芯具有一定的尺寸和一定的附加成本。例如,对于小尺寸的磁芯,并不总是有可用于配置额外的线圈的空间。

[0016] 第二种解决方案在于通过插入磁芯的区域内的磁体或者靠着磁芯的一个面布置的磁体来产生磁性极化。以这样的方式布置磁体可以使得磁通量在在磁芯中在与对应于连续分量 $B_{DC}$ 的磁通量相反的方向上循环。

[0017] 文献EP1187150和EP1187151A1描述了这样一种解决方法。磁体产生使磁通量在整个磁路中循环的磁驱动力。

[0018] 这个解决方法对于运行在低频率下的电感器和高相对磁导率(例如500以上)的材料很有效。在这种情况下,由磁体产生的整个磁通量仍然限制在磁芯中,并且磁通量损耗很低。

[0019] 在另一方面,可以在1MHz以上的频率下运行的磁性材料(例如NiZn铁氧体)的特征在于磁导率值小于100。在这种情况下,磁路在磁体处具有磁泄漏,由每个磁体产生的磁通量线的一部分通过直接从磁体的一个磁极穿过周围介质回到另一个磁极而不用通过整个磁路。磁性极化效率因此改变,并且磁感应强度的连续分量的值将不会被有效地降低。此外,磁通量线在磁芯的周围辐射,这会影响到转换器的其他部件的运行。

## 发明内容

[0020] 因此,本发明的目的在于提供一种电感器磁芯,其适合于生产能够以高频率(例如>1MHz)运行并且表现出减少的磁损耗的电感器。

[0021] 上述目的通过包括铁磁材料和至少一个永磁体的电感器磁芯来实现。铁磁材料至少部分地为磁体加边缘,从而沿磁体的侧壁在磁体的两个磁极之间连续地延伸。由于铁磁材料沿磁体在磁极之间布置,从磁体的磁极N出来的磁通量线在铁磁材料中一直流通到磁极S。这能确保磁体对铁磁材料的均匀极化。这样使得在磁芯中可以以更均匀的方式部分或全部补偿磁感应强度的连续分量。磁损耗因此可以有效地降低。

[0022] 当绕组中有电流流动时,磁芯就是两个磁路的基座,其中一个磁路中流动着由绕组产生的磁通量线,另一个磁路中流动着由磁体产生的磁通量线。所述两组磁通量线在相反的方向上流动。

[0023] 也就是说,铁磁材料被布置为尽可能的靠近磁体的两级之间由磁体产生的磁通量线从北极回到南极的自然路径上。因此,磁通量线很容易“收集”。因此,由磁体产生的在北极和南极之间的磁通量线有最短路径,这将在铁磁材料中产生均匀的磁通量。因为由磁体产生的磁通量线直接回到铁磁材料中,磁通量线不会向外辐射或辐射很少,因此其他部件的运行很少或没有受到干扰。因此,本发明适于实现一种其中铁磁材料具有低磁导率(例如小于100)并且特别适合于高频运行的电感器。

[0024] 在一个示例性实施例中,铁磁材料在磁体的两个磁极之间围绕磁体的整个侧表

面。

[0025] 有利地,磁体的两个磁极之间的尺寸基本上等于磁芯的磁长度(即铁磁材料的尺寸)。因此泄漏很少。

[0026] 在另一个有利的示例性实施例中,磁芯包括彼此相对布置的多个磁体,使得两个连续磁体的相反极性的磁极相互面对,并且铁磁材料在所有磁体间连续延伸。因此,磁通量线从一个磁体流通到另一个磁体,并且环回至(这一连串磁体中的)最末磁体的北极和(这一连串磁体中的)首个磁体的南极之间。

[0027] 例如,磁芯是E型的并且包括具有气隙的中心杆,磁通量形成在中心杆中闭合的两个回路。杆形磁体至少部分地埋在磁芯的直线部分中,并且实际上遍布直线部分的整个长度。

[0028] 由磁体产生的磁通量线沿与由于线圈对磁芯的极化产生的磁通量线相反的方向环回到磁芯的主体中。由此产生的极化会部分地补偿,优选地完全补偿由电感器的导体中的电流流动产生的磁感应强度的连续分量。

[0029] 优选的,非磁性区域布置在两个磁体的两个磁极彼此相接处,以便避免磁通量线在穿过磁路的整个长度之前环回。

[0030] 有利地,非磁性区域包括穿过磁芯的空腔,所述空腔还用于将热量排出到磁芯的外表面。空腔中填充有例如空气,以非常有利的形式,空腔中填充有良好的导热、电绝缘和非磁性材料,例如AlN。

[0031] 因此,本发明涉及一个用于磁电感器的电感磁芯,包括有包括铁磁材料和一个或多个磁体的主体,其中,所述一个或多个磁体至少部分地形成用于使由磁体产生的磁通量线流通的第一路径,使得第一路径在一端包括指定为南极端的南极,以及在另一端包括指定为北极端的北极,其中,所述铁磁材料至少部分地形成用于使所述磁通量线流通的第二路径,其中,所述铁磁材料沿所述磁体从南极连续延伸到北极并且包括面向南极端的非磁性区域和面向北极端的非磁性区域,迫使从北极端出来的磁通量线选取第二路径并在南极端环回,所述非磁性区域指定为“非磁性区域末端”,使得电感器磁芯的垂直于磁通量线的横截面包括用于流通的第一路径和用于流通的第二路径两者。

[0032] 优选的,第一路径中的磁通量线流通的方向与第二路径中的磁通量线流通的方向相反。

[0033] 在一个示例性实施例中,每个磁体包括在南极和北极之间的外部侧表面,铁磁材料与每个磁体的外部侧表面的至少一部分接触。

[0034] 第一路径的南极和北极可以属于单个磁体

[0035] 有利地,铁磁材料完全包围磁体的外部侧表面,所述电感器磁芯包括两个端面,所述两个端面中的一个包括南极和铁磁材料,另一个包括北极和铁磁材料,每个端面面向指定为非磁性区域端的非磁性区域。铁磁材料可以形成容纳磁体并且与磁体的外表面接触的套筒,并且其中磁体的磁极之间的距离和磁芯的磁长度相等或基本相等,非磁性区域端由空气形成。

[0036] 在另一个示例性实施例中,第一路径的南极和北极属于不同的磁体,磁体被布置成两个连续磁体的相反极性的磁极相互面对或基本相互面对。有利地,磁极相互面对的由铁磁材料区域相连。

[0037] 例如,该主体在铁磁材料的将磁极相互面对的两个磁体分开的每个区域处,包括至少一个指定为中间非磁性区域的非磁性区域,从而防止从一个磁体的北极出来的磁通量线直接环回到该磁体的南极,而不会阻止磁通量线从两个连续的磁体中的一个磁极到另一个磁极。

[0038] 每个中间非磁性区域都可以包括一个空腔。空腔可以出现在主体的相对外表面上。

[0039] 在一个有利地示例性实施例中,空腔填充有导热和电绝缘材料,例如AlN。

[0040] 主体包括给定厚度,磁体可以在主体的整个厚度上延伸。

[0041] 在一个示例性实施例中,主体包括矩形框架和中心杆,所述中心杆横贯所述框架的最长长度的侧边布置并且平行于所述框架的最短长度的侧边。两个第一路径关于穿过所述中心杆并且垂直于所述框架的中线面的对称平面对称的方式被限定在所述框架中和所述中心杆中,并且以关于所述对称平面对称的方式被限定在所述框架中和所述中心杆中。所述中心杆包括一个气隙。

[0042] 所述中心杆可以包括属于所述两个第一路径的至少两个磁体。

[0043] 例如,长度较长的每一侧边包括具有相同长度的两个磁体,长度较短的每一侧边包括一个磁体,其中,所述中心杆在所述气隙的每一侧边上都具有磁体,使得所述两条第一路径各自包括五个磁体。

[0044] 该气隙可以被布置在南极端和北极端之间并且形成非磁性区域端。

[0045] 有利地,所述磁体是粘合型磁体,包括分散在由电绝缘材料制成的基体中的至少一种粉末磁性材料。

[0046] 例如,所述铁磁材料具有小于100的磁导率。

[0047] 所述铁磁材料可以是选自NiZn和MnZn的尖晶石铁素体。

[0048] 本发明还涉及一种电感器,其包括根据本发明的电感器磁芯以及缠绕在所述磁芯的至少一部分上的导体。

[0049] 本发明还涉及一种转换器,所述转换器包括至少一个根据本发明的电感器和至少一个电子部件。

[0050] 本发明还涉及一种用于制造根据本发明的电感器磁芯的方法,所述方法包括以下步骤:

[0051] a) 提供至少一个磁体;

[0052] b) 利用包括有机物质和至少一种铁磁粉末的原料通过注射成型制造由铁磁材料制成的主体,从而设置至少一个用于将所述磁体安装在所述主体中的空腔。

[0053] c) 将所述磁体安装在所述空腔中。

[0054] 在步骤b)中,有利地,产生至少一个空腔以形成非磁性区域。

[0055] 所述方法可以包括在形成非磁性区域的空腔中放置非磁性的、非导电的且导热的材料的步骤。

[0056] 在步骤a)中,有利地,所述磁体是粘合磁体。可以通过模制聚合物基体和至少一种磁性粉末的混合物来制造所述磁体。

[0057] 步骤b)可以包括模制原料的子步骤、去粘合的子步骤和热处理的子步骤。

[0058] 有利地,热处理的子步骤通过提高与去粘合相关的温度,直接发生在去粘合的子

步骤之后。

[0059] 本发明还涉及另一种制造根据本发明的电感器磁芯的方法,包括以下步骤:

[0060] a') 提供至少一个磁体;

[0061] b') 通过在磁体上包覆成型制造由铁磁材料制成的主体。

### 附图说明

[0062] 基于下面的描述和附图将更好地理解本发明:

[0063] 图1A是根据一个示例性实施例的电感器磁芯的纵截面图;

[0064] 图1B是图1A的磁芯的横截面图;

[0065] 图2A是根据另一示例性实施例的实现电感器磁芯的电感器的俯视图的示意图;

[0066] 图2B是E型半磁芯的透视图;

[0067] 图3是根据图2A的示例的电感器磁芯的透视图;

[0068] 图4A是现有技术的电感器磁芯的磁感应强度 $B$  (以mT为单位) 随时间 $t$  (以毫秒为单位) 的变化的示意图,图4B是图3中的电感器磁芯的磁感应强度 $B$  (以mT为单位) 随时间 $t$  (以毫秒为单位) 的变化的示意图;

[0069] 图5是现有技术的E-E型磁芯和穿过该磁芯的磁通量线的示意图,所述磁通量线由在围绕中心杆缠绕的导体中流通的电流产生。

### 具体实施方式

[0070] 根据本发明的电感器磁芯为一个或多个永磁体,但是为了简单起见,说明书的其余部分将唯一地使用术语“磁体”来表示永磁体。

[0071] 在图1A和图1B中,可以看到根据本发明的电感器磁芯N1的一个示例性实施例包括具有圆形截面的纵向轴线为 $X$ 的圆柱形主体2以及磁体6。主体2包括铁磁材料4。所述主体具有环形截面并且在其内界定有纵向轴线为 $X$ 的空腔8。磁芯的截面和形状没有被限定,例如,具有正方形截面的主体落入在本发明的范围内。

[0072] 有利地,所述磁芯是单片的,即模制在单个部件中。

[0073] 磁体6沿 $X$ 轴纵向延伸并具有圆形截面。所述磁体的南极 $S$ 和北极 $N$ 位于磁体6的纵向端部处。磁体6的外径对应于空腔8的内径,使得磁体可以布置在空腔8中并且与铁磁材料6接触。磁体6的长度 $l_1$ 至少等于铁磁材料的长度 $l_2$ 。在所示的例子中,磁体的长度 $l_1$ 基本等于铁磁材料的长度 $l_2$ 。

[0074] 值得注意的是,在这种情况下,与磁体的磁极自然位于一条直线上的反向的磁通量的区域位于铁磁材料的外部,以实现磁通量在磁芯中的直线流动。

[0075] 然后铁磁材料4在磁体6的整个长度以及整个圆周上都围绕磁体6。此外,在示出的示例中,磁体与铁磁材料在整个圆周上接触。但是磁体不能与铁磁材料接触的实施例没有超出本发明的范围。

[0076] 所述磁体产生磁通量线 $F_m$ 。由于磁体和铁磁材料的磁极是相对布置的,磁通量线在磁体6中从南极 $S$ 流动到北极 $N$ ,而归功于围绕磁体并在南极 $S$ 和北极 $N$ 之间延伸的铁磁材料,磁通量线将在铁磁材料中环回到南极 $S$ 。磁通量线在铁磁材料中的方向与磁通量线在磁体中的方向相反。

[0077] 然后所有的铁磁材料均匀地被磁体极化。

[0078] 当磁芯N1被用于生成电感器时,有导体(为示出)缠绕在磁芯上。例如,所述导体可以由铜制成并且在纵轴X上包括n匝。

[0079] 电流在导体中流过,从而在磁芯中产生磁场并因此产生磁通量线。

[0080] 通过选择导体中的电流的流通方向或磁体极性的方向,磁体产生的磁通量线和导体产生的磁通量线以相反的方向流通。通过进一步选择磁体的磁场的值,磁体产生的极化将减小并有利地消除由在导体中流通的电流所产生的磁感应强度的连续分量。

[0081] 磁感应强度的峰值可写为:

$$[0082] \quad \hat{B} = B_{DC} + \frac{\Delta B}{2} \quad (I)$$

[0083]  $B_{DC}$ 表示连续分量, $\Delta B/2$ 表示可变量的两个极值之间的平均值。

[0084] 磁体导致 $B_{DC}$ 被去除,所述峰值将等于 $\Delta B/2$ ,因此,该峰值减少。

[0085] 然而,由于磁损耗与磁感应强度的峰值成比例,因此磁损耗以及热损失都减小。

[0086] 磁芯的结构,特别是铁磁材料和磁体的相对布置,使得即使在铁磁材料具有低磁导率的情况下(例如磁导率小于100),也能够确保铁磁材料中的磁通量线的环回。事实上,铁磁材料围绕磁体布置在由磁体产生的从北极回到南极的磁通量线的自然路径上。因此,磁通量对铁磁材料的磁化不需要具体的装置(例如极性部件)来将磁通量线引导到铁磁材料中。即使在材料具有低磁导率的情况下,磁通量线也将在铁磁材料的整个长度上从磁体的北极环回到南极,并且是以一种均匀的方式进行的。

[0087] 此外,如示例中所示,有利地,铁磁材料环绕整个磁体,磁通量线以对称的方式围绕磁体的轴线环回,大部分磁通量线都被限制在铁磁材料内,并且铁磁材料以一种均匀的方式极化。

[0088] 作为变体,铁磁材料可以不完全包围磁体并且仅仅例如在两个磁极之间的磁体的侧表面的角部分上延伸。磁芯的铁磁材料仍然会以完全均匀的方式被极化,峰值将会降低。然而,磁体的磁通量的一部分可能泄漏到周围介质中。

[0089] 在图2A和图2B中可以看到用于E-E型电感器的磁芯N2的一个示例。这种类型的磁芯具有很高的紧凑性。

[0090] 从上述的图2A中看到的磁芯N2包括矩形的框架10和中心杆12,中心杆的纵向轴线X'基本上垂直于框架的最长长度的侧面在所述侧面的中部处延伸。该中心杆12应当被多匝导体包围(未示出)。在示例中,杆12由两个由气隙14分开的半杆形成。

[0091] 磁芯N2可以通过组装如图2B所示的两个E型半磁芯15而形成,或者直接制成单件。作为变体,磁芯还可以通过组装E型组件和I型组件或U型组件和附加组件形成。

[0092] 框架的侧面和中心杆因此限定了两个磁路C1和C2,这两个磁路关于穿过中心杆12的X轴并垂直于框架的中线面的平面对称。这两个磁路是矩形的。磁路C1和C2旨在用于在导体11中流通的电流形成的磁通量线流动并环回到气隙处。磁通量线由图5中的FM3表示。

[0093] 磁芯N2还包括布置在每个磁路C1和C2中的磁体A1、A2、A3、A4、A5、A6、A7、A8。磁体A1和A5位于中心杆12中并且对于两个磁路是共用的。

[0094] 所述的两个磁路的结构相似,因此仅详细描述磁路C1。

[0095] 磁路C1包括直线部分16.1、16.2、16.3、16.4、16.5。部分16.1和16.5由中心杆12的

两个半杆形成。在所示的示例中,磁体具有在磁芯的整个厚度上延伸的长方体形状,磁芯的厚度是在垂直于磁芯的中线面的方向上考虑的。

[0096] 磁体A2实际上在部分16.2的整个长度上延伸。

[0097] 磁体A3实际上在部分16.3的整个长度上延伸。

[0098] 磁体A4实际上在部分16.4的整个长度上延伸。

[0099] 磁体A1和A5实际上分别在部分16.1和部分16.5的整个长度上延伸。

[0100] 磁体A1至A5具有外部侧表面和内部侧面,所述内部和外部是相对于磁路C1的内部和外部来考虑的。

[0101] 作为变体,可以实现几个对齐的磁体,而不是每个部分中的单个磁体。

[0102] 这些磁体也可以形成仅在气隙处开口的框架。

[0103] 在所示的示例中,这些磁体布置在铁磁材料中,使得铁磁材料覆盖磁体的内部和外部面,并且在两个连续磁体的磁极N和磁极S之间连续地延伸。在所示的示例中并且以优选的方式,磁体在整个磁芯的厚度上延伸并且与磁芯的前表面和后表面齐平,磁芯的前表面和后表面是与磁芯的中线面平行的面。如下文将要描述的那样,磁芯可以通过模制铁磁材料来制造,在模制期间可以生成用于放置磁体的空腔。

[0104] 在所示的例子中,对于磁体内表面侧的部分16.2和部分16.4而言,在X轴方向上考虑的磁性材料的宽度大于外表面侧的磁性材料的宽度,但并不限于此,这两者也可具有相同的厚度。这种对磁体的非对称布置使得将磁铁之间的连接区域可转移到偏转器处并进入框架的角落。每个磁体上磁通量的回环发生在电感器的并非非常活跃的区域,不影响其操作。

[0105] 此外,磁体以如下方式相对于彼此布置,即一个磁体的磁极N面对或接近后续磁体的磁极S。

[0106] 此外,磁路C1有利地包括位于连续磁体的磁极之间的偏转器,用于将磁通量从一个磁体引导到另一个磁体,并且将在磁体中循环的磁通量与在铁磁材料中循环的磁通量隔离开。

[0107] 该偏转器包括例如在两个连续磁体的两个磁极附近的非磁性区域18,更特别的,偏转器与由磁体限定的框架的内部中的两个连续磁体接触。

[0108] 有利地,框架包括空腔19,所述空腔19生成在在磁芯的厚度中并且出现在与磁芯的中线面平行的磁芯的两个面上。空腔19可以是空的并填充有空气,从而能够将热量排出到磁芯的外部。在一个特别有利的实施例中,空腔19填充有非磁性的、导热良好的非导电材料,所述材料将热量排放到磁芯的外部。这些空腔被填有例如AIN。

[0109] 优选的,偏转器至少具有与磁体厚度相同的尺寸。

[0110] 现在将描述在磁路C1上存在的磁体所造成的影响。

[0111] 磁通量线FM1在磁体A1中从磁极S流到磁极N,该磁通量线通过磁极N从磁体A1中流出。由于非磁性区域18的存在,部分磁通量在铁磁材料中流通之后通过磁极S进入了磁体A2。事实上,空腔19阻止磁通量线直接环回到部分16.1的铁磁材料中的磁体A1的磁极S,并对磁通量均匀性做出了贡献。

[0112] 之后,磁通量流入磁体A2并流到磁极N,磁极N接合磁体A3的磁极S,特别是由于空腔19,然后是磁体A4并且最后通过磁体A5,从磁体A5的磁极N流出,由于形成非磁性偏转器

的气隙,磁通量之后在部分16.5、部分16.4、部分16.3、部分16.2和部分16.1中以相反的方向流动并且在磁体A1的磁极S处闭合回路。在铁磁材料中流通的磁通量被称作FM2。归因于空腔19,磁通量FM2不能环回到磁体A5、A4、A3、A2上。

[0113] 磁路C1包括两个磁性分支,一个由磁体网络组成,另一个由包衬磁体的铁磁材料组成。

[0114] 在这个有利的示例性实施例中,由磁体产生并在磁性材料中流动的磁通量FM2在磁芯的磁路径的整个长度上连续。此外,所述磁体延伸穿过铁磁材料的整个厚度,磁通量在铁磁材料的整个厚度上是均匀的。如此就得到了均匀磁化的磁路C1。磁体也可以不在磁芯的整个厚度上延伸,这样极化将不太均匀,但是感应强度的连续分量仍然将减小。

[0115] 应该注意的是,从磁极N流出的磁通量的一部分经由外部铁磁材料直接环回到相同磁体的磁极S。这部分经由磁体外部环回的磁通量与内部部分中的磁通量指向相同的方向,因此,这有助于外部部分的连续极化。

[0116] 在所示的例子中,空腔具有正方形或矩形截面,但是它们也可以具有另一种形状,例如在两个连续的磁体之间延伸的圆弧截面。

[0117] 作为变体,所有磁体可以被单件中的单一磁体替代,从而形成在气隙处开口的框架,这将使得不必产生非磁性空腔成为可能。作为变体,可以仅将部分磁体制成单件,例如磁体A2和A3,或A2、A3和A4等等。

[0118] 在磁路C2中以相同的方式建立磁通量流FM2。

[0119] 因此在整个磁芯中将均匀地产生磁通量。

[0120] 在示出的示例中,磁体A1和A5对于两个磁路是共用的,但是也可以提供专用于第一磁路C1的磁体和专用于第二磁路C2的磁体。

[0121] 当电流流过围绕中心杆12的导体11时,产生磁场FM3,磁通量在两个磁路中流动并产生变化的磁感应强度,该磁感应强度具有一个连续分量和一个可变量(关系I)。

[0122] 通过选择并定向磁体,使得所产生的磁通消除了磁芯中导体产生的磁感应强度的连续分量,有可能降低在磁芯中产生的磁感应强度的峰值和磁损耗,并因此降低磁芯的发热。磁体的取向和电流在导体中的流通使得导体产生的磁通量FM2和磁通量FM3(在图2A中用虚线表示)的方向相反。

[0123] 本发明适用于任何形式的电感器磁芯,例如所述磁芯可以是U型,磁体在U的底部和两个分支延伸,磁通量FM2在U的分支的自由端处环回。

[0124] 优选的,磁体由非导电材料制成以减少高频下出现耦合和出现福科(Foucault)电流的风险,这会导致磁芯发热。

[0125] 有利地,磁体是粘合或塑性磁体类型的磁体。例如,磁体包括分散在聚合物基体或电绝缘树脂中的磁粉。有利地,它们可以根据复杂的形状来模制。然后,这些磁体具有非常高的电阻率。粘合磁体可以是NdFeB型,具有值 $BH_{max} = 10MG0e$ 。作为变体,磁体可以由SmCo、铁氧体或SmFeN制成。

[0126] 根据图1A的磁芯的替代方案,磁体6可以被多个对齐的磁体替换,使得一个磁体的磁极N面对另一个磁体的磁极S。此外,偏转器可以设置在面对的磁极处,以避免从一个磁体的磁极N出来的磁通量线直接环回到该磁体的磁极S,而不是进入面对的磁极S。

[0127] 现在将给出尺寸的例子。

[0128] 在图3中可以看到图2A的磁芯的透视图。可以考虑包含NiZ作为铁磁材料的磁芯。

[0129] 磁芯的外部长度I等于46mm,外部宽度L等于30mm,厚度等于11mm。框架的侧面具有等于6mm的宽度,中心杆12具有等于12mm的宽度并且气隙等于3mm。

[0130] 磁铁是平行六面体,全部厚度为11毫米。磁体A1和A5的长度为10mm,宽度为2.4mm。磁体A3和A7的长度为23mm,宽度为1mm。磁体A2,A4,A6和A8的长度是17mm,宽度是1mm。

[0131] 8个空腔19具有1mm×1mm的方形截面和11mm的高度并且充满空气。

[0132] 例如,该磁芯可以生成具有以下特性的升压斩波型转换器: $P=1\text{kW}$ , $F=5\text{MHz}$ , $D=0.5$ , $V_e=200\text{V}$ , $r=0.4$ ;  $V_e$ 是转换器的输入电压, $D$ 是转换器的循环比(一个周期中开关闭合的部分)并且 $r$ 是电流的纹波比 $DI/I_{dc}$ 。

[0133] 对于磁体,剩余电感为 $B_r=0.7\text{T}$ ,而对于电流,平均连续值 $I_{dc}=5\text{A}$ ,纹波 $DI=2\text{A}$ 。

[0134] 在图4A中可以看到在一个周期期间,在现有技术中的E-E型磁芯中的导体中流通的电流所产生的磁感应强度B(以mT为单位)随时间t(以ns为单位)的变化,其中,该磁芯中没有磁体,且该磁芯由NiZn制成并具有与图3的磁芯相同的尺寸。

[0135] 在图4B中可以看到在一个周期期间,由图3的磁芯中的磁体的极化产生的磁感应强度B(以mT为单位)随时间t(以ns为单位)的变化。

[0136] 在图4B中,可以注意到,连续分量 $B_{dc}$ 等于0,而如果没有极化,则这个连续分量等于55mT(参见图4A)。在这两种情况下可变量相差22mT。因此,在本发明的磁芯中,磁感应强度的峰值减少了55mT,这使得可以显著减少磁芯的发热。例如,在NiZn类型的磁芯的情况下,每单位体积的磁芯耗散的损耗 $P_d$ 减小至原来的1/10,并且耗散的功率可以通过磁芯表面的简单自然对流而被疏散。

[0137] 现在将描述用于生产根据本发明的磁芯的方法的例子。

[0138] 根据本发明的电感器磁芯可以有利地通过粉末注射成型(PIM)生产。

[0139] 在PIM方法中,第一步是获得适合于目标应用的原料。原料由将构成最终部件的有机物质(聚合物粘合剂)和无机粉末(金属或陶瓷)的混合物构成。接下来,根据本领域技术人员已知的技术将原料作为热塑性材料注入到注射压机中。该模制件使得可以将与粉末一起注入的聚合物熔化在空腔中并且为混合物赋予期望的形状。在冷却过程中,混合物凝固并保持由模具赋予的形状。

[0140] 脱模后,零件经受不同的热处理或化学处理以去除有机相。在此步骤中消除有机相,称为去粘合,留下毛坯中30%至50%孔隙率的空间。

[0141] 在文献US8940816B2中描述了在由PIM制造的情况下制备原料和去粘合的方法的实例。

[0142] 在去粘合结束时,多孔毛坯仅包含无机材料的粉末。接下来致密化该毛坯以形成最终稠密的部分。多孔毛坯的固结通过高温下烧结来进行,优选在1000°C以上的温度下在适合于所用材料类型的环境下运行的烘箱中进行。当达到最佳密度时,部件被冷却到环境温度。

[0143] 优选地,为了生产根据本发明的磁芯,使用与有机物质混合的NiZn或MnZn型尖晶石铁氧体粉末来生产原料。铁氧体粉末例如通过固体或化学合成来精制。固体合成包括以下步骤:通过对磨碎的粉末在800°C和100°C之间进行热处理来进行前体氧化物的研磨和尖晶石相的合成。将粉末再次磨碎并筛分以获得10 $\mu\text{m}$ 至20 $\mu\text{m}$ 量级的颗粒大小。对于尖晶石铁

氧体NiZn和MnZn,根据本领域技术人员熟知的这种材料的操作条件,可以在空气中进行烧结。

[0144] 作为变体,可以使用其他温和的铁磁材料来生产原料。这些材料例如通过粉末冶金来成形,例如基于Fe (Fe-Si,Fe-Co,Fe-Ni)的磁性合金。

[0145] 在制备原料之后,将所述原料在模具中成形。

[0146] 为了制造图3的磁芯,模具形成空腔18和用于容纳磁体的空腔。

[0147] 优选的,E-E型磁芯是由两个或两个以上对称部件分开模制后再组装而成。模具中包括可移除的插入件,以便在模制部分上生成容纳磁体的新空腔并形成偏转器。

[0148] 在模制原料并冷却新生成的部件后,发生去粘合有机物的步骤。该步骤发生在例如烘箱中,通过在温度升高期间将温度维持在例如400°C和700°C之间来进行。

[0149] 接下来进行烧结以使磁芯致密化,所述烧结有利地发生在用于去粘合的烘箱中。因此,通过将温度的升高持续到所考虑的磁相推荐值,可以在去粘合后直接进行烧结。例如在1220°C时发生去粘合。

[0150] 在接下来的步骤中,将磁体引入空腔中。磁体可以是预先制造的粘合磁体。例如,磁体根据适合于磁芯的极化的尺寸来模制和磁化。粘合磁体可以是任何类型的,例如NdFeB,SmCo,SmFeN,六方晶体铁氧体。其中分散有磁粉的聚合物基体被选择为与电感器的的工作温度相容,例如其介于100°C和150°C之间。磁体可以借助于能够承受该工作温度的粘合剂保持在空腔中。

[0151] 在接下来的步骤中,可以用非磁性、非导电且导热良好的材料(例如AlN)填充空腔16。例如,填充材料预先通过挤压或模制成形,然后以与安装磁体类似的方式引入空腔16中。填充空腔16的这个步骤可以不发生,从而保持空腔充满空气。

[0152] AlN也可以借助能够承受工作温度的粘合剂保持在空腔中。

[0153] 根据方法的另一示例,可以通过在磁体和形成非磁性区域的潜在元件周围包覆模制铁磁材料来生产电感器磁芯。烧结步骤可以省略。有利地,也可以将铁磁材料包覆模制n匝在导体上。

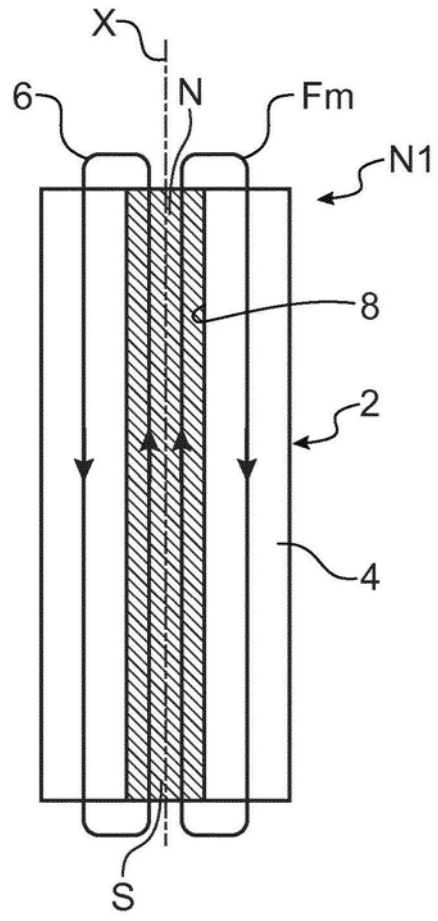


图1A

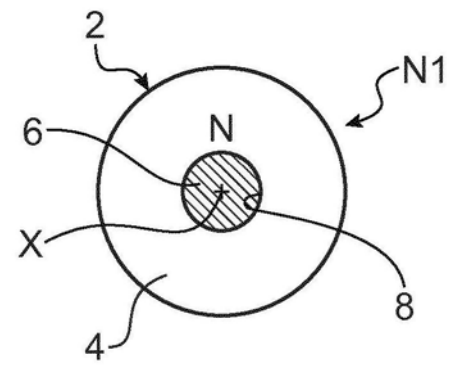


图1B

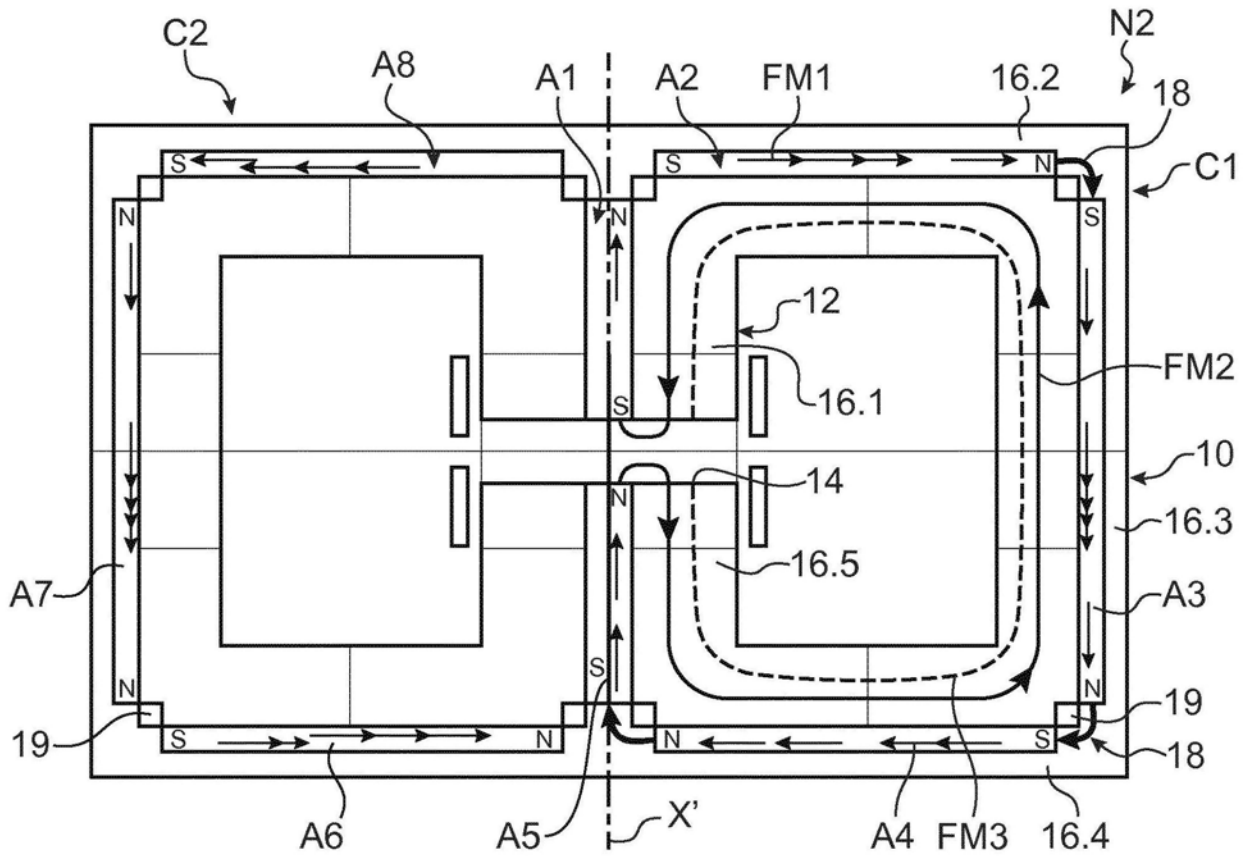


图2A

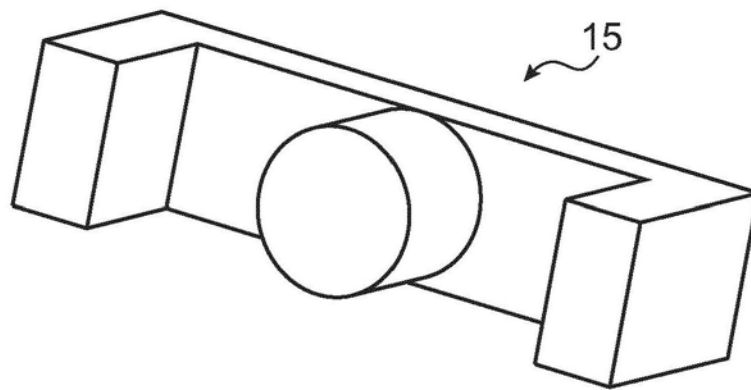


图2B

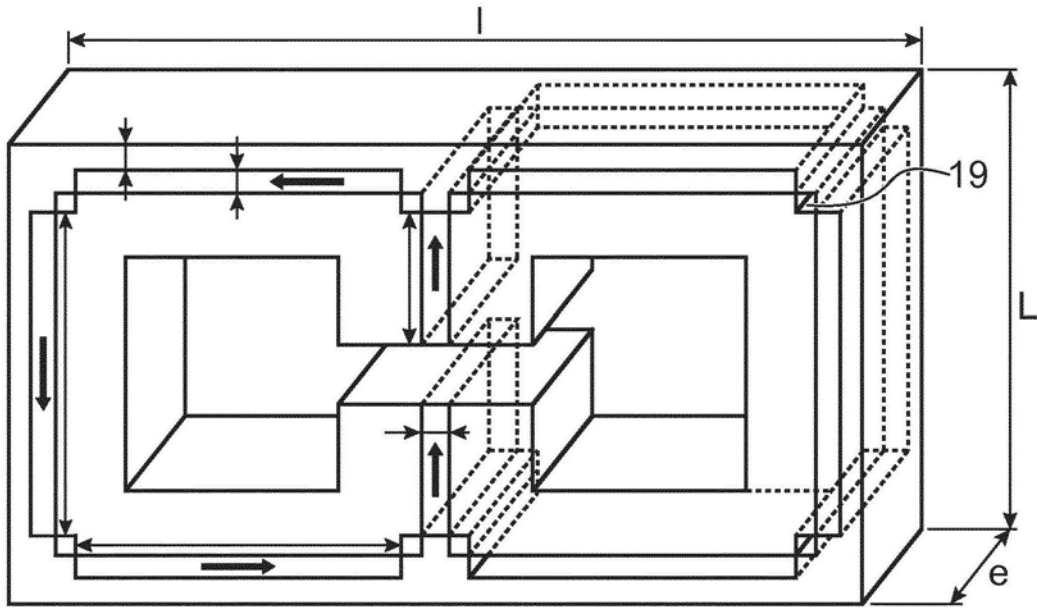


图3

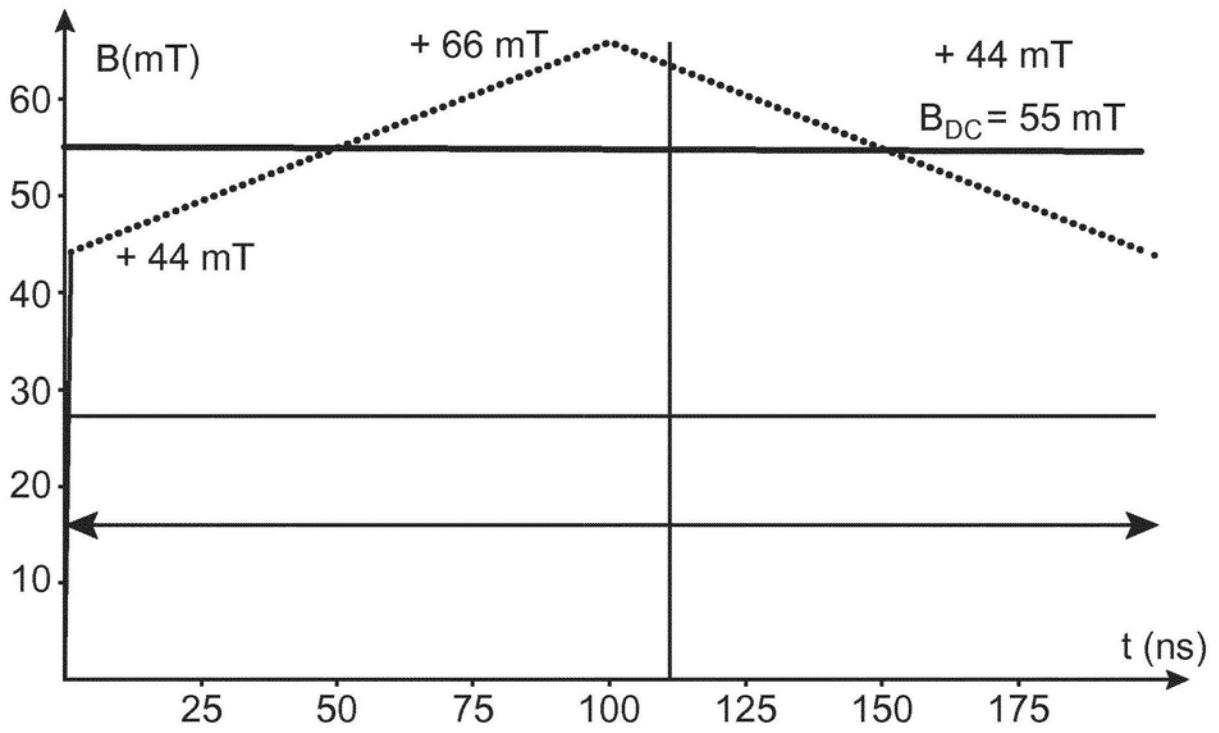


图4A

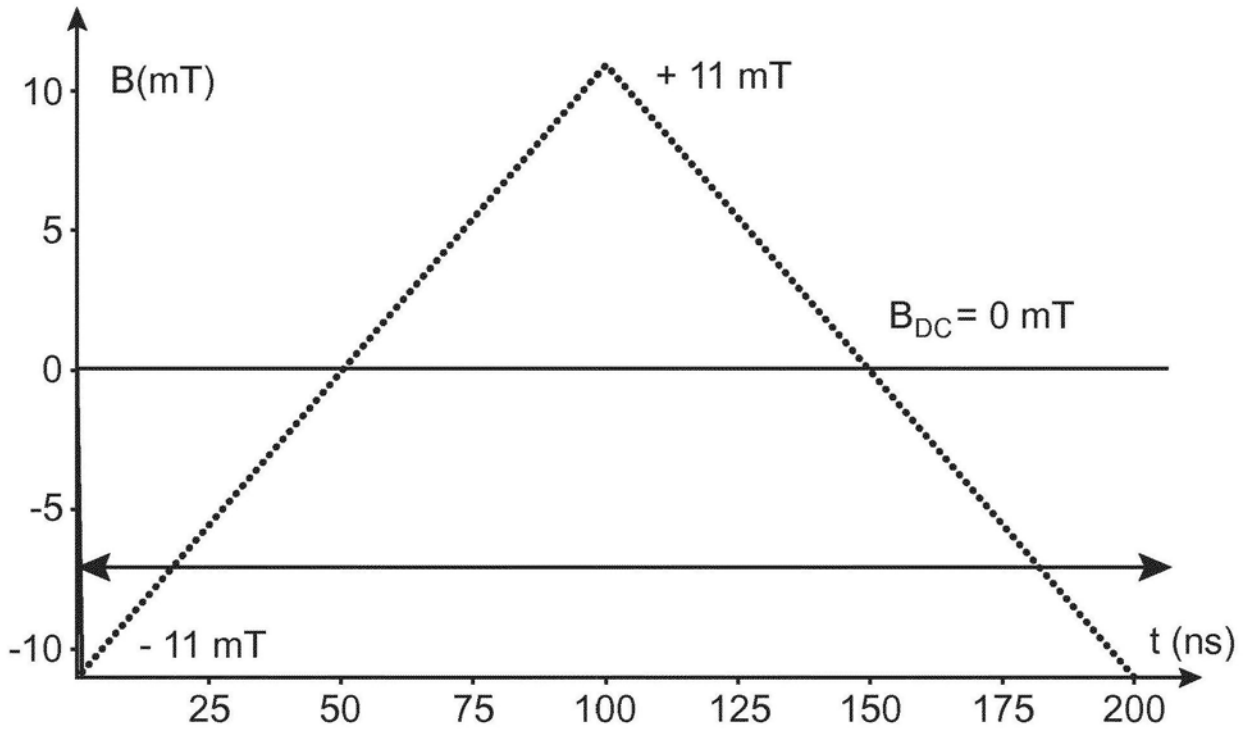


图4B

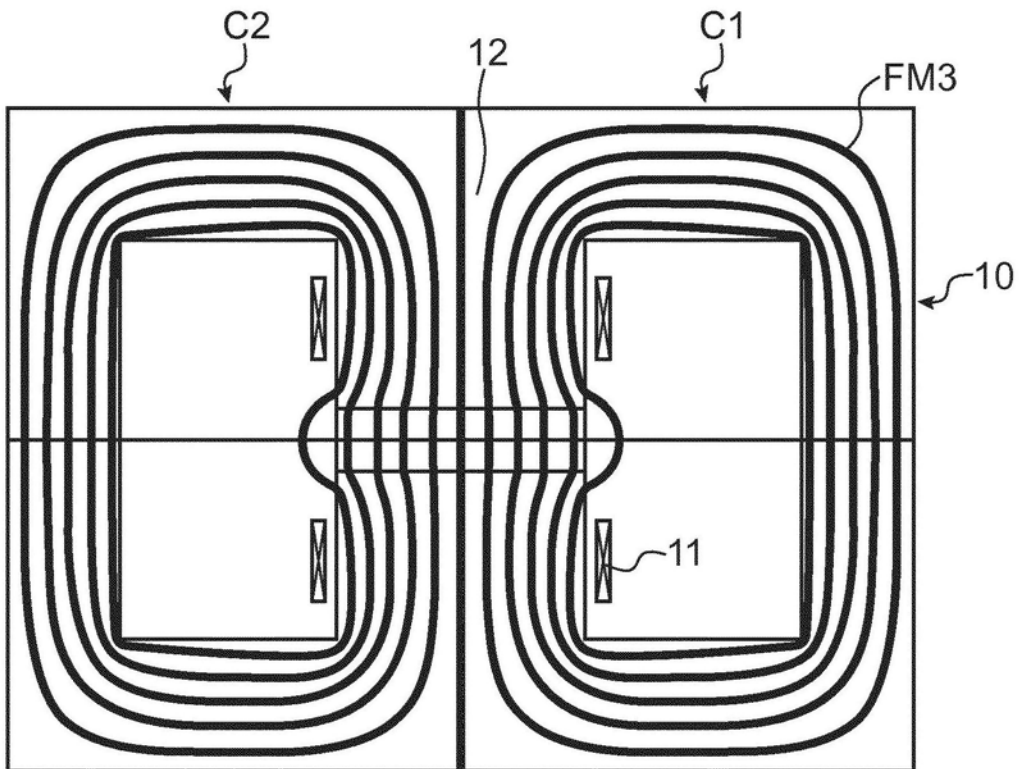


图5