



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113541498 A

(43) 申请公布日 2021. 10. 22

(21) 申请号 202110412695.4

(22) 申请日 2021.04.16

(30) 优先权数据

16/851,880 2020.04.17 US

(71) 申请人 亚德诺半导体国际无限责任公司

地址 爱尔兰利默里克

(72) 发明人 梁鑫宇 J·保卢奇 L·沙格特

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所

有限公司 11038

代理人 张小稳

(51) Int. Cl.

H02M 3/335 (2006.01)

H01F 27/30 (2006.01)

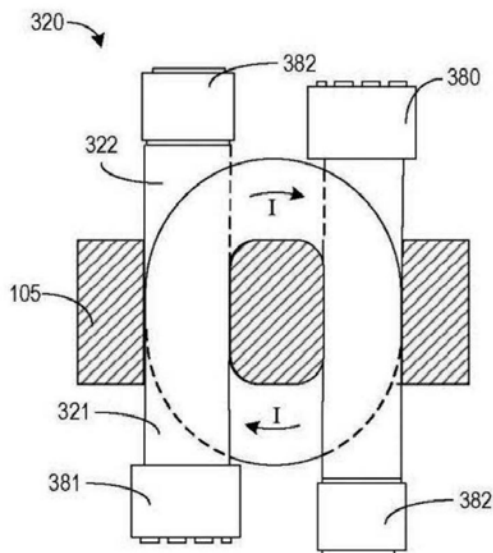
权利要求书3页 说明书8页 附图9页

(54) 发明名称

用于耦合电感器电路的技术

(57) 摘要

本公开涉及用于耦合电感器电路的技术。一种节省空间的平面变压器可以包括：耦合电感器电路，所述耦合电感器电路可以包括金属芯体；第一平面绕组，所述第一平面绕组包含具有环绕金属芯体的第一柱的电路径的导电线圈；以及第二平面绕组，所述第二平面绕组配置为经由所述金属芯体与第一绕组磁耦合。第二平面绕组可以具有多个部分。第二绕组的一部分可以包括第一子部分，所述第一子部分包含缠绕在第一柱周围的单个U形平面导电迹线；和第二子部分，所述第二子部分包含缠绕在第一柱周围的单个U形平面导电迹线。第一子部分的布局可以被定向为与第二子部分的布局相反。



1. 一种耦合电感器电路,其包含:
 - 芯体;
 - 第一平面绕组,所述第一平面绕组包含导电线圈,所述导电线圈具有环绕所述芯体的第一柱的电路径;
 - 第二平面绕组,所述第二平面绕组配置为经由所述芯体与所述第一平面绕组磁耦合,所述第二平面绕组具有多个段;
 - 其中所述多个段包括:
 - 第一段,所述第一段包含围绕所述第一柱的单独的U形平面导电迹线;
 - 第二段,所述第二段包含围绕所述第一柱的n个单独的U形平面导电迹线;其中所述第一段的布局与所述第二段的布局相反。
2. 根据权利要求1所述的耦合电感器电路,其中所述第一段包括:
 - 第一电感器,所述第一电感器耦合到所述第一段的所述单独的U形平面导电迹线的第一端;和
 - 第一开关,所述第一开关耦合到所述第一段的所述单独的U形平面导电迹线的第二端。
3. 根据权利要求2所述的耦合电感器电路,其中所述第二段包括:
 - 第二电感器,所述第二电感器耦合到所述第二段的所述单个U形平面导电迹线的第一端;和
 - 第二开关,所述第二开关耦合到所述第二段的所述单个U形平面导电迹线的第二端。
4. 根据权利要求3所述的耦合电感器电路,包括第一组开关,所述第一组开关配置为以交变极性的顺序向所述第一平面绕组施加输入电压。
5. 根据权利要求4所述的耦合电感器电路,包括控制器,所述控制器配置为控制所述第一组开关、所述第一开关以及所述第二开关。
6. 根据权利要求5所述的耦合电感器电路,包括多层基板,所述多层基板包括配置为形成所述第一平面绕组的至少两个层,所述至少两个层包括:
 - 第一层,所述第一层包括配置为形成所述第一平面绕组的第一部分的第一导电迹线;
 - 和
 - 第二层,所述第二层包括配置为形成所述第一平面绕组的第二部分的第二导电迹线。
7. 根据权利要求6所述的耦合电感器电路,其中所述第一层的所述第一导电迹线形成所述第一平面绕组的不止单匝。
8. 根据权利要求3所述的耦合电感器电路,其中所述第一电感器的节点直接耦合到所述第二电感器的节点,以提供所述耦合电感器电路的第一外部端子。
9. 根据权利要求8所述的耦合电感器电路,其中所述第一外部端子配置为接收电源电压,并且所述第一平面绕组配置为提供输出电压,并且
 - 其中所述输出电压配置为提供所述电源电压的升压版本。
10. 根据权利要求8所述的耦合电感器电路,其中所述第一外部端子配置为提供输出电压,并且所述第一平面绕组配置为接收电源电压;并且
 - 其中所述输出电压配置为提供所述电源电压的降压版本。
11. 根据权利要求1所述的耦合电感器电路,其中所述耦合电感器电路配置为以大于50千瓦/升的功率密度操作。

12. 一种操作降压平面变压器的方法:

将交变极性的电源电压施加到围绕芯体的柱具有多匝的第一绕组, 以在第二绕组中感应电流;

响应于所述交变极性的第一极性经由第一开关将第二绕组的第一单匝的第一节点耦合到接地;

响应于所述交变极性的第一极性经由第二开关将所述第一单匝的第二节点与接地隔离; 以及

在第一电感器的第一节点处提供输出电压, 所述第一电感器在所述第一单匝的第二节点处与所述第一单匝直接串联耦合。

13. 根据权利要求12所述的方法, 包括:

响应于所述交变极性的第一极性经由第三开关将所述第二绕组的第二单匝的第一节点耦合到接地;

响应于所述交变极性的所述第一极性经由第四开关将所述第二单匝的第二节点与接地隔离; 并且

其中提供所述输出电压包括在所述第一电感器和第二电感器的第一节点处提供输出电压, 所述第二电感器在所述第二单匝的第二节点处与所述第二单匝直接串联耦合。

14. 根据权利要求13所述的方法, 其中所述第一电感器的所述第一节点与所述第二电感器的所述第一节点耦合以提供所述输出电压。

15. 根据权利要求13所述的方法, 包括:

响应于所述交变极性的第二极性经由所述第二开关将所述第二绕组的第三单匝的所述第一节点耦合到接地;

响应于所述交变极性的所述第二极性经由所述第一开关将所述第三单匝的第二节点与接地隔离; 以及

在第三电感器的第一节点处提供所述输出电压, 所述第三电感器在所述第三单匝的第二节点处与所述第三单匝直接串联耦合。

16. 根据权利要求15所述的方法, 包括:

响应于所述交变极性的所述第二极性经由所述第四开关将所述第二绕组的第四单匝的第一节点耦合到接地;

响应于所述交变极性的所述第二极性经由所述第三开关将所述第四单匝的第二节点与接地隔离; 并且

其中提供所述输出电压包括在所述第三电感器和第四电感器的第一节点处提供所述输出电压, 所述第四电感器在所述第四单匝的第二节点处与所述第四单匝直接串联耦合。

17. 一种平面变压器封装件, 其包含:

金属芯体, 所述金属芯体具有第一柱;

第一绕组, 所述第一绕组围绕所述第一柱, 所述第一绕组具有围绕所述第一柱的多个匝;

第二绕组, 所述第二绕组围绕所述第一柱, 所述第二绕组配置为提供围绕所述第一柱的单匝;

多层基板, 其中所述第一柱穿过所述多层基板的每一层, 所述多层基板包含:

第一多个层,所述第一多个层围绕所述第一柱形成所述第一绕组;

第二多个层,所述多层基板的所述第二多个层形成所述第二绕组,所述第二多个层中的每个所述层包括围绕所述第一柱的单匝平面导电材料;

其中所述第二多个层中的第一层和第二层包括所述平面导电材料的第一布局;并且

其中,在所述多层基板内,所述第一层的所述第一布局与所述第二层的所述第一布局互补。

18. 根据权利要求17所述的平面变压器封装件,包括:多个电感器,所述多个电感器安装到所述多层基板的第一主外表面;和单独的电感器,所述单独的电感器耦合到所述第二多个层的相对应的平面导电材料。

19. 根据权利要求18所述的平面变压器封装件,包括:多个第二绕组开关,所述多个第二绕组开关安装到所述多层基板的第二主外表面,所述第二主外表面与所述第一主外表面相对;并且

其中所述多个第二绕组开关中的单个第二绕组开关直接耦合到所述第二绕组。

20. 根据权利要求17所述的平面变压器封装件,其中所述金属芯体包括附加柱;并且

其中所述多层基板包括:

附加第一绕组,所述附加第一绕组围绕所述附加柱;和

附加第二绕组,所述附加第二绕组围绕所述附加柱。

用于耦合电感器电路的技术

技术领域

[0001] 本申请提供用于DC-DC电压转换器或调节器的耦合电感器电路的技术。

背景技术

[0002] DC-DC开关调节器可以使用高频开关来为电子设备生成期望的输出电压。在某些应用中,对低压电子器件接受相对高的电源电压的需求给将电源电压降压为低电源电压带来了挑战。在升压应用中也存在类似的挑战,其中高电源电压由低输入电源电压转换而来。

发明内容

[0003] 多层平面变压器可以具有在基板的多个层上实施的多匝第一平面绕组和在基板的多个层上实施的单匝第二绕组。第一绕组和第二绕组可以诸如通过芯体进行磁耦合。第二绕组的各个平面迹线可以并联地电耦合,以允许变压器的有效布局,所述布局允许提高的功率密度。

[0004] 本部分旨在提供本专利申请的主题的概述。其并不旨在提供对本发明的排他性或穷尽性的解释。具体实施方式被包括在内,以提供关于本专利申请的进一步信息。

附图说明

[0005] 在未必按比例绘制的附图中,相似的数字可以在不同的视图中描述类似的部件。具有不同字母后缀的相似数字可以表示类似部件的不同实例。附图通过示例而非限制的方式总体示出了本文中讨论的各个实施例。

[0006] 图1总体上示出了根据本主题的示例平面变压器系统的示意图。

[0007] 图2总体上示出了信号波形图,其示出了图1的平面变压器系统的操作。

[0008] 图3总体上示出了根据本主题的示例第二绕组的子部分的导电迹线的示例布局。

[0009] 图4示出了根据本主题的示例平面变压器的堆叠配置。

[0010] 图5A至图5E总体上示出了图4的示例平面变压器400的五个层中的每一个层内的第一绕组的导电部分的布局。

[0011] 图6A和图6B总体上示出了图4的示例平面变压器400的第二绕组的子部分的布局660、670。

[0012] 图7A和图7B总体上示出了根据本主题的示例平面变压器的物理样本的各种视图。

[0013] 图8示出了用于示例平面变压器的中心抽头配置的具有第二绕组的一部分的层的导电迹线。

[0014] 图9总体上示出了根据本主题的用于具有中心抽头配置的示例平面变压器系统的电路。

[0015] 图10总体示出了图9的示例电路的第二绕组的示例紧凑布局。

[0016] 图11总体上示出了配置为例如提供多个电压输出的平面变压器的示例部分。

[0017] 图12总体示出了根据本主题的用于操作平面变压器的示例降压方法的流程图。

具体实施方式

[0018] 平面变压器、磁耦合的平面电感器或耦合电感器电路可以采用u形或马蹄形平面导电迹线来形成变压器绕组的单匝。平面绕组的几个层的组装可以允许可以包括诸如用于滤波的输出电感器的非常紧凑的变压器电路。

[0019] 图1总体上示出了根据本主题的示例平面变压器系统100的示意图。平面变压器系统100可以包括平面变压器101、第一组开关(Q1至Q4)、第二组开关(M5至M8)、输出电感器102、103、104、105以及控制器107。第一组开关(Q1至Q4)或第二组开关(M5至M8)中的一个或多个开关可以伴随有可选的栅极驱动器110。平面变压器101可以包括芯体105、第一绕组106以及诸如可以包括两个部分111、112的第二绕组。第一绕组106可以包括多个匝,并且通常可以包括多于一个匝。第二绕组中的每个部分111、112可以具有单匝。

[0020] 第一绕组可以是平面变压器的初级绕组,也可以是平面变压器的次级绕组。除非另有说明,第一绕组106被称为初级绕组。第一组开关(Q1至Q4)可以由控制器107控制,并且可以操作以反复地或周期性地将初级绕组106与电压供应节点连接和断开,并且建立第一绕组106两端的循环初级电压和通过第一绕组106的循环初级电流。第二绕组的各部分111、112可以通过芯体105磁耦合到第一绕组106。芯体105可以包括空气芯体、金属芯体或能够提供磁通链的其他材料。

[0021] 控制器107可以控制第一组开关(Q1至Q4)和第二组开关(M5至M8),以便提供不同于输入电压(V_{IN})的输出电压(V_{OUT})。在示出的平面变压器系统100中,输出电压(V_{OUT})可以低于输入电压(V_{IN}),但是主题不限于此。当平面变压器101作为降压变压器操作时,控制器107可以控制第一组开关(Q1至Q4)来使第一绕组106两端的输入电压(V_{IN})的极性振荡或交变。当平面变压器101作为降压变压器操作时,控制器107可以操作或同步第二组开关(M5至M8)以从第二绕组的绕组段或各部分提取功率。第二组开关(M5至M8)可以利用两相信号(PH1、PH2)来控制,诸如下面参考图3所讨论的那样。输出电感器可以过滤或平滑化在第二绕组上产生的周期性电压和开关尖峰,以便提供相对恒定的输出电压。在某些示例中,输出电感器102、103、104、105可以包括但不限于磁芯电感器、晶体电感器等。

[0022] 图2总体上示出了信号波形图,其示出了图1的平面变压器系统100的操作的示例。这些图包括控制第二绕组的开关(M5至M8)的相位1(PH1)和相位2(PH2)信号的逻辑电平、第一绕组两端的电压(V_1)、第一绕组中的电流(I1)、第二绕组的节点(A、B、C、D)处的电压(V_A 、 V_B 、 V_C 、 V_D)以及降压变压器的输出电压(V_{OUT})。

[0023] 通常,变压器在三相中的一个相下操作,以在与施加到第一绕组或与第一绕组隔离的电源电压相关联的转换期间捕获由第一绕组感应的输出电压。当电源电压(V_{IN})施加到第一绕组或与第一绕组隔离时,通过第一绕组的电流(I1)的变化可以感应每个第二绕组段两端的电压。通过切换第二绕组段的连接捕获第一绕组的电流极性改变时所感应的电压,可以在输出电感器处捕获降压的DC电压。信号图假设逻辑高电平将每个开关或晶体管置于低阻抗状态(例如,“导通”),并且逻辑低电平将每个开关置于高阻抗状态(例如,“断开”)。然而,可以使用不同地响应逻辑命令的开关或晶体管。

[0024] 在图2中,在 t_0 ,第一绕组电路处于第一自由旋转状态,并且第二绕组电路使所有开关(M5至M8)“导通”(例如,PH1=PH2=“高电平”),因此,第二绕组的每个节点(A、B、C、D)连接到接地。第一绕组的“自由旋转”状态允许第一绕组中的任何电流继续流动,直到被电

路损耗终止。输出电感器(例如,图1、102、103)中的任何电流可以被放电到输出端,或者对输出电压节点(V_{OUT})充电。

[0025] 在 t_1 ,第一绕组电路移动到第二状态,并且电源电压可以以第一极性($-V_{IN}$)施加在第一绕组两端。施加电源电压(V_{IN})可以感应出第一绕组的电流(I1)的变化,并且可以在第二绕组的绕组段两端感应出电压。例如,在第一绕组上施加电源电压($+V_{IN}$)时或响应于施加所述电源电压,与相位2控制信号(PH2)相关联的开关(图1;M6、M8)可以被“断开”。第一绕组的电流(I1)的变化可以在与相2控制信号(PH2)相关联的开关(图3;M6、M8)的漏极(B、D)处感应出电压。平面第一和第二绕组的磁耦合可以使得第二绕组的各个段的感应电压(V_B 、 V_D)可以匹配施加到第一绕组的电源电压(V_{IN})的尖锐脉冲形状。在 t_1 ,相位2信号(PH2)为低电平,并且相关联的开关(M6、M8)为“断开”。第一绕组106(或者用于所述降压应用的初级绕组)经历绕组端子上的电压(例如, V_{IN})的全部变化。第二绕组中的每一个绕组的连接绕组段两端的电压由下式给出:

$$[0026] \quad V_B = V_D = \frac{V_{IN}}{N},$$

[0027] 其中,N是初级绕组与每个单独的次级绕组的匝数比。假设在平面变压器系统的输出端子处有负载,输出电感器102、103中的电流可能由于它们两端的正电压而增加。

[0028] 在 t_2 ,控制器可以将第一绕组转换回第一自由旋转状态,并且第二绕组电路使所有开关(M5至M8)“导通”(例如,PH1=PH2=“高电平”),从而将第二绕组的每个节点耦合到接地。如前所述,在第一绕组中流动的任何电流继续流动,因为第一绕组电感抵抗电流流动的变化。由于电路中的损耗,在自由旋转状态期间,电流可能会略有下降。输出电感器(例如,图1、102、103)中的任何电流被放电到输出端,或者对输出电压节点(V_{OUT})充电。

[0029] 在 t_3 ,第一绕组电路移动到第三状态,并且电源电压(V_{IN})可以以第二极性($+V_{IN}$)施加在第一绕组两端。施加电源电压(V_{IN})可以感应出第一绕组的电流(I1)的变化,并且可以在第二绕组的段两端感应出电压。例如,在第一绕组上施加电源电压($+V_{IN}$)时或响应于施加所述电源电压,与相位1控制信号(PH1)相关联的开关(M5、M7)可以被“断开”。第一绕组的电流(I1)的变化可以在与相1控制信号(PH1)相关联的开关(图3;M5、M7)的漏极(A、C)处感应出电压。平面第一和第二绕组的磁耦合可以使得第二绕组的节点处的感应电压(V_C 、 V_D)可以匹配施加到第一绕组的电源电压(V_{IN})的尖锐脉冲形状。在 t_3 ,相位1信号(PH1)为低电平,并且相关联的开关(M5、M7)为“断开”。第一绕组106(或者用于所述降压应用的初级绕组)经历绕组端子两端的电压的全部变化。第二绕组中的每一个绕组的连接绕组段两端的电压可以由下式给出:

$$[0030] \quad V_A = V_C = \frac{V_{IN}}{N},$$

[0031] 其中,N是初级绕组与每个单独的次级绕组的匝数比。假设在平面变压器系统的输出端子处有负载,输出电感器102、103中的电流可能由于它们两端的正电压而增加。

[0032] 图3总体上示出了根据本主题的示例第二绕组的子部分的导电迹线的示例布局320。例如,图3示出了两个单匝平面子部分321、322的重叠,这些单匝平面子部分可以形成如上所讨论的第二绕组的一部分(例如,图1,111、112)。在某些示例中,示例布局320可以包括芯体105、第二绕组的第一部分的第一子部分321、第二绕组的第二部分的第一子部分

322、第一电感器382和第二电感器383以及第一开关380和第二开关381。布局320可以针对每个子部分321、322使用几乎相同的布局,但是彼此旋转180度。每个单匝子部分321、322的布局的旋转、镜像或互补性质允许电感器382、383和开关380、381紧凑地定位成具有每个单匝子部分321、322的导电部分的最少(如果有的话)附加布线。与平面变压器的常规布局相比,布线方面的这种减少允许每个子部分减少或最小化损耗。此外,当在每个子部分322、321中感应出电流(I)时,电流(I)可以围绕芯体105的柱在相同方向上流动,从而增强第二绕组和第一绕组之间的磁耦合。虽然单个对子部分包括用于耦合到开关和电感器的所有节点,并且可以提供基本的升压或降压功能,但是第二对子部分可以允许更高的输出电流,而在电路覆盖面积方面只有很少(如果有的话)增加。

[0033] 图4示出了根据本主题的示例平面变压器400的堆叠配置。在这个说明性示例中,平面变压器400可以包括第一绕组和第二绕组之间的6:1匝数比,但是本主题不限于此。平面变压器400可以包括单个柱芯,但是本主题不限于此。所述堆叠可以包括9个层,所述层包括用于布线第一绕组的六匝的五个层和用于布线第二绕组的两对子部分(第一绕组A、第一绕组B)的4个层。

[0034] 图5A至图5E总体上示出了图4的示例平面变压器400的五个层中的每一个层内的第一绕组的导电部分的布局。图5A示出了示例平面变压器的第一绕组的一部分的第一布局551,所述布局包括被布线以提供第一绕组的单匝的第一导电部分531。第一导电部分531可以具有用于耦合到电压源或负载的第一节点541或第一组通孔,以及用于耦合到第一绕组的第二层的第二组通孔542。在某些示例中,第一节点541可以对应于第一组开关(例如,图1,Q1至Q4)的中间节点的第一节点。图5B总体上示出了图4的示例平面变压器的第一绕组的一部分的第二布局552。第二层552可以包括第一绕组的被布线以提供第一绕组的单匝或更多匝的第二导电部分532。第二导电部分532的第一端可以使用第二组通孔542与第一绕组的第一导电部分531电连接。第二导电部分532的第二端可以耦合到第三组通孔543。

[0035] 图5C大体示出了图4的示例平面变压器400的第一绕组的一部分的第三布局553。第三层553可以包括第一绕组的被布线以提供第一绕组的单匝或更多匝的第三导电部分533。第三导电部分533的第一端可以使用第三组通孔543与第一绕组的第二导电部分532电连接。第三导电部分533的第二端可以耦合到第四组通孔544。

[0036] 图5D大体示出了图4的示例平面变压器400的第一绕组的一部分的第四布局554。第四层554可以包括第一绕组的被布线以提供第一绕组的单匝的第四导电部分534。第四导电部分534的第一端可以使用第四组通孔544与第一绕组的第三导电部分533电连接。第四导电部分534的第二端可以耦合到第五组通孔545。

[0037] 图5E总体上示出了图4的示例平面变压器的第一绕组的一部分的第五布局555。第五层555可以包括第一绕组的被布线以提供第一绕组的大约一个半匝的第五导电部分535。第五导电部分535的第一端可以使用第五组通孔545与第一绕组的第四导电部分534电连接。第五导电部分535的第二端可以耦合到第六组通孔546。在某些示例中,第六组通孔546可以是第一绕组的第二节点的至少一部分,并且可以对应于第一组开关(例如,图1,Q1至Q4)的中间节点的第二节点。

[0038] 对于图4的平面变压器400,从底部到顶部渐增地对九个层进行编号,第一绕组的第一布局551可以是层4的一部分,第一绕组的第二布局552可以是层2的一部分,第一绕组

的第三布局553可以是层7的一部分,第一绕组的第四布局554可以是层9的一部分,以及第一绕组的第五布局555可以是层5的一部分。在示出的示例中,第一绕组的五个布局(551至555)中的每一个布局的串联连接围绕芯体105的中心柱形成六匝。应当理解的是,在不脱离本主题的范围的情况下,包括相同或不同匝数的第一绕组的的部分的其他配置是可能的。

[0039] 图6A和图6B总体上示出了图4的示例平面变压器400的第二绕组的子部分的布局660、670。图6A总体示出了第二绕组的第一子部分621的示例布局660。布局660可以包括芯体105、被布线以形成第二绕组的单匝的第一导电部分661。单匝平面导体可以基本上封闭具有通向空隙的较小开口以隔离导体的端部的空隙。例如,单匝平面导体可以呈“马蹄形”的形式,或者是主要围绕中心空隙闭合但包括间隙以防止围绕中心空隙完全闭合的其他U形。一些单匝平面导体可以具有“钩状”。布局660还可以包括第一组通孔671和第二组通孔672。第一组通孔671可以用于将第一子部分621与第二并联的第一子部分、一个或多个输出电感器、一个或多个开关或其组合连接,以形成图4的示例平面变压器400的两个部分(111、112)中的一个。在某些示例中,布局660可以用于图4的示例平面变压器400的九个层中的两个层。

[0040] 图6B大体示出了第二绕组的第二子部分622的示例布局670。布局670可以包括芯体105、被布线以形成第二绕组的单匝的第二导电部分662。单匝可以呈“马蹄形”或“U形”的形式。第二导电部分662的取向可以补充第一导电部分661的取向,或者总体上可以镜像或反射第一导电部分的取向。通常,第一导电部分661和第二导电部分662的取向彼此相反,使得一个导电部分的端部的方向与另一个导电部分的相对应的端部的方向相反,以允许第二绕组的其他部件紧凑布置。作为另一示例,当与相对应的第一子部分(例如,布局660)堆叠并比较以便支撑整体的、紧凑的平面变压器时,第二导电部分662的布置可以被称作旋转大约180度。布局670还可以包括第一组通孔671和第二组通孔672。第二组通孔672可以用于将第二子部分622与第二并联的第二子部分、一个或多个电感器、一个或多个开关或其组合连接,以形成图4的示例平面变压器400的两个部分(111、112)中的一个。第一组通孔671可以与第二绕组的第二导电部分662隔离,并且可以用于将第二绕组的第二部分的部件耦合在一起。在某些示例中,第二绕组的每个部分可以包括更多或更少数量的平面导电部分(例如,661、662),以辅助第二绕组与第一绕组更紧密地耦合。

[0041] 关于图4的示例平面变压器400,并且从底部到顶部渐增地对九层进行编号,第二绕组的第一子部分的示例布局660可以是层1和8的一部分,并且第二绕组的第二子部分的示例布局670可以是层3和6的一部分。在所示的示例中,第二绕组的第一部分可以由层1和8的并联连接形成,并且第二绕组的第二部分可以由层3和6的并联连接形成。应当理解的是,在不脱离本主题的范围的情况下,第二绕组的子部分的其他配置是可能的。在某些示例中,每个导电部分661、662可以包括附加的导电区域663、664,以辅助将第二绕组与第一绕组耦合。

[0042] 图7A和图7B总体上示出了根据本主题的示例平面变压器封装件的物理样本的各种视图。图7A示出了示例平面变压器的俯视图。俯视图示出了多层基板、芯体、耦合到第二绕组的四个电感器、控制器以及其他控制部件,诸如用于第二组开关的驱动器。图7B示出了示例平面变压器封装件的仰视图。仰视图示出了多层基板、芯体、第二组开关以及附加辅助控制部件。在示例中,根据本主题的平面变压器的功率密度可以大于50千瓦每升(kW/L)。这

种功率密度由第二绕组的各个子部分的互补取向提供,如上所讨论那样。在示例中,具有大于50千瓦/升的功率密度的平面变压器可以从54伏电源电压提供140安培的3.3伏输出电压。这样的示例的总尺寸可以是24.5mm(L) x 24mm(W) x 15mm。

[0043] 图8示出了用于示例平面变压器的中心抽头配置的具有第二绕组的一部分的层的导电迹线880。在某些示例中,导电迹线880可以具有接近第二绕组的单匝的问号类型形状或钩形形状。所述形状允许诸如开关881和与第二绕组的一部分相关联的电感器882的控制部件紧凑地布置在芯体883周围。

[0044] 图9总体上示出了根据本主题的用于具有中心抽头配置的示例平面变压器系统900的电路。平面变压器系统900可以包括平面变压器901、第一组开关(Q1至Q4)、第二组开关(M5至M8)、输出电感器902、903以及控制器904。在一些示例中,第一组开关和第二组开关中的一个或多个开关可以伴随有栅极驱动器910。平面变压器901可以包括芯体905、第一绕组906以及一个或多个第二绕组907、908。第一绕组906可以包括多个匝,并且通常可以包括多于一个匝。每个第二绕组907、908可以包括多个绕组段911、912、913、914。每个绕组段911、912、913、914可以形成第二绕组907、908的单匝。如本文所用,绕组段包括第二绕组的匝的初级导电部分,并且不包括第二绕组的辅助部分,诸如外部端子、保险丝、开关等。

[0045] 第一绕组可以是平面变压器的初级绕组,也可以是平面变压器的次级绕组。在图9中,除非另有说明,第一绕组906被称为初级绕组。第一组开关(Q1至Q4)由控制器904控制,并且可操作以反复地或周期性地将初级绕组906连接到电压供应导轨和将初级绕组与电压供应导轨断开,并且建立第一绕组906上的循环初级电压和通过第一绕组906的循环初级电流。第二绕组907、908可以通过芯体905磁耦合到第一绕组906。芯体905可以是空气芯体、具有空气间隙的磁芯体或能够提供磁通链的任何材料和结构。

[0046] 控制器904可以控制第一组开关(Q1至Q4)和第二组开关(M5至M8),以提供不同于输入电压(V_{IN})的输出电压(V_{OUT})。在示出的平面变压器系统900中,输出电压(V_{OUT})低于输入电压(V_{IN}),但是主题不限于此。当平面变压器901作为降压变压器操作时,控制器904可以控制第一组开关(Q1至Q4)来使第一绕组906两端的输入电压(V_{IN})的极性振荡或交变。当平面变压器901作为降压变压器操作时,控制器904可以操作或同步第二组开关(M5至M8)以从第二绕组的绕组段提取功率。第二组开关可以利用两相信号(PH1、PH2)来控制。在某些示例中,每个第二绕组907、908可以配置为在连接的绕组段(911/912和913/914)之间包括一个或多个抽头(E、F)。在某些示例中,绕组段之间的抽头(E、F)可以允许输出电压(V_{OUT})包括输入电压(V_{IN})的升压或降压倍增器。此外,与常规方法甚至最近的平面技术相比,连接的绕组段(911/912和913/914)之间的抽头(E、F)可以通过使用更少的开关来帮助降低整体平面变压器设计的复杂性或成本。另外,绕组段之间的抽头(E、F)还允许使用具有低得多的电感的输出电感器902、903来平滑化输出电压(V_{OUT})。输出电感器902、903的较低电感是由使用其它平面变压器组件的寄生电感来平滑化输出电压(V_{OUT})的输出纹波的电路实施方式产生的。输出电感器902、903可以耦合在平面变压器系统900的相对应的抽头(E、F)和输出电压端子之间。在某些示例中,输出电感器902、903可以包括空气芯体电感器。

[0047] 图10总体上示出了图9的示例电路的第二绕组的示例紧凑布局1090,包括输出电感器902、903和第二组开关(M5至M8)。在某些示例中,第二绕组的每个部分的导电迹线或绕组段911、912、913、914可以包括各自的导电迹线,所述导电迹线可以位于示例中心抽头平

面变压器的基板的多个层上。与第二绕组的特定绕组段相关联的导电迹线可以并联耦合在一起,以处理更高的电流,因为基板的附加层使变压器的竖直尺寸较小增加,而并没有使变压器的平面占地面积增加。

[0048] 图11总体上示出了配置为例如提供多个电压输出的平面变压器1100的示例部分。示例部分总体上示出了包括多个柱的芯体1105,和围绕每个柱的第二绕组的子部分1191、1192、1193、1194。平面变压器1100的所述部分还示出了滤波电感器(L)和开关(S)的紧凑布局,用于电耦合如上所讨论的第二绕组的子部分,例如以确保每个子部分上的电流(I)在与围绕芯体1105的相应柱相同的方向上流动。使用上面讨论的技术,平面变压器1100可以从高度非常小的多层基板封装件提供多个输出电压或具有更大输出电流容量的单个输出电压。

[0049] 图12总体示出了根据本主题的用于操作平面变压器的示例降压方法1200的流程图。在1201,可以在平面变压器的第一平面绕组两端以交变极性施加电源电压。第一平面绕组可以具有围绕金属芯体的柱的多个匝,以在平面变压器的第二平面绕组中感应电流。在1203,第二绕组的第一单匝的第一节点可以响应于电源电压的第一极性经由第一第二绕组开关耦合到接地。第二绕组的接地连接可以为第二绕组两端的感应电压提供参考电位。在1205,第一单匝的第二节点可以响应于电源电压的第一极性通过第二开关与接地隔离。隔离第二节点允许第二绕组中感应的电流提供平面变压器的输出电压。在1207,可以在耦合到第一单匝的第一电感器的第一节点处提供输出电压。第一电感器可以在第一单匝的第二节点处与第一单匝直接串联耦合。用于降压配置的第一电感器可以提供对输出电压的滤波。在某些示例中,在电源电压的交变极性在第一平面绕组上切换时,存储在输出电感器中的电流可以辅助平滑输出电压电平。

[0050] 在某些示例中,单匝可以包括多个并联的导电迹线。通过多层基板,可以堆叠导电迹线,以提供非常节省空间的平面变压器。此外,通过将一些导电迹线相对于其他导电迹线定向180度,可以增加变压器功率密度,而不增加平面变压器的主要占地面积。

[0051] 以上具体实施方式包括对附图的参考,附图形成了具体实施方式的一部分。附图通过说明的方式示出了其中可以实践本发明的具体实施例。这些实施例在本文中也被称为“实例”。这样的实例可以包括除了所显示或所描述的元素之外的元素。然而,本发明人还考虑了仅提供所显示或所描述的那些元素的实例。此外,本发明人还考虑了关于特定实例(或其一个或多个方面)或关于本文示出或描述的其他实例(或其一个或多个方面)使用示出或描述的那些元素(或其一个或多个方面)的任何组合或排列的实例。

[0052] 如果本文件与通过引用结合的任何文件之间发生用法上的不一致,则以本文件中的用法为准。

[0053] 在本文件中,如在专利文件中常见的那样,使用术语“一种”或“一个”用来包括一个或多个,这独立于“至少一个”或者“一个或多个”的任何其他实例或用法。在本文件中,除非另有说明,否则术语“或”用于表示非排他性的或,使得“A或B”包括:“A但不包括B”,“B但不包括A”,以及“A和B”。在本文件中,使用术语“包括(including)”和“其中(in which)”作为相应术语“包含(comprising)”和“其中(wherein)”的简明英语等同物。同样,术语“包括(including)”和“包含(comprising)”是开放式的,即,包括除列于此一术语之后的要素以外的要素的系统、设备、物件、组合物、调配物或工艺仍视为归属于所讨论的主题

的范围内。此外,诸如权利要求中可能出现的那样,术语“第一”、“第二”以及“第三”等仅用作标签,并且不旨在对其对象强加数值要求。

[0054] 本文描述的方法示例至少部分地可以是机器或计算机实现的。一些示例可以包括计算机可读介质或机器可读介质,所述计算机可读介质或机器可读介质编码有可操作以配置电子设备以执行如以上示例中所述的方法的指令。这种方法的实现方式可以包括代码,诸如微代码、汇编语言代码、更高级语言代码等。此类代码可以包括用于执行各种方法的计算机可读指令。代码可以构成计算机程序产品的一部分。进一步地,在示例中,代码可以如在执行期间或其他时间有形地存储在一个或多个易失的、非瞬态的或非易失的有形计算机可读介质上。这些有形计算机可读介质的示例可以包括但不限于硬盘、可移动磁盘、可移动光盘(例如,高密度磁盘和数字视频光盘)、磁带、记忆卡或记忆棒、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)等。

[0055] 应当理解,以上描述为说明性的而非限制性的。例如,上述示例(或其一个或多个方面)可以彼此结合使用。在审阅以上描述后,诸如可以由本领域普通技术人员使用其他实施例。说明书摘要被提供以符合37 C.F.R. §1.72(b),以允许读者快速确定技术公开的性质。在提交时应理解,其不会被用来解释或限制权利要求的范围或含义。而且,在以上具体实施方式中,可以将各种特征组合在一起以简化本公开。这不应被解释为意图是未主张保护的公开功能对于任何权利要求是必不可少的。相反,发明主题可能在于少于特定公开实施例的所有特征。在此,将以下方面作为示例或实施例并入详细说明中,每个方面作为独立的实施例而独立,并且可以想到,此类实施例可以以各种组合或排列彼此组合。

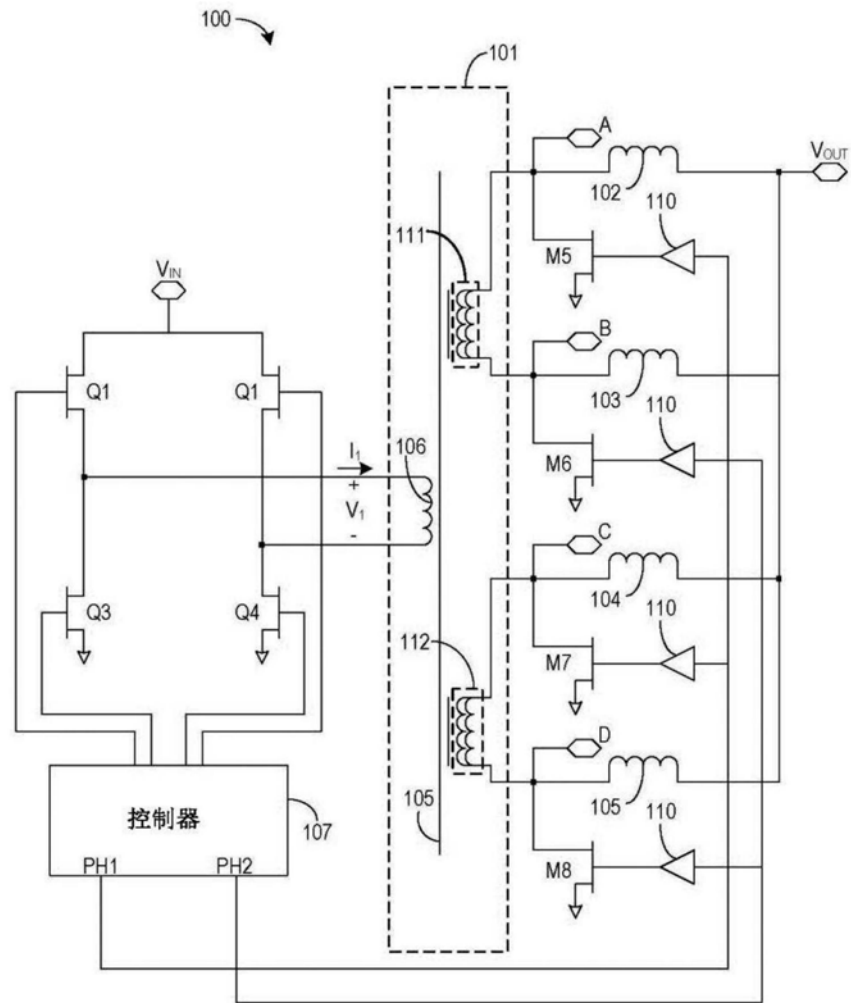


图1

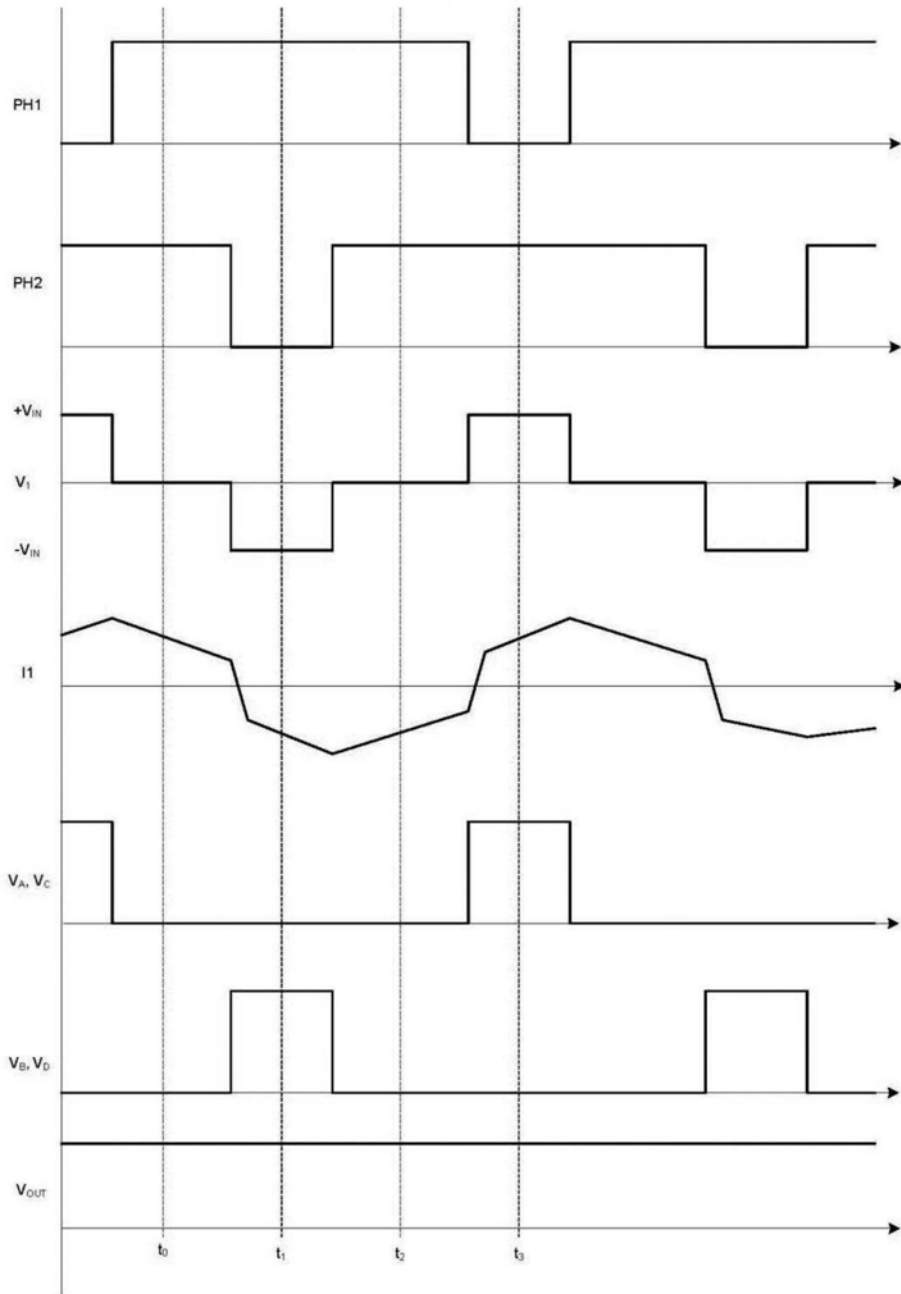


图2

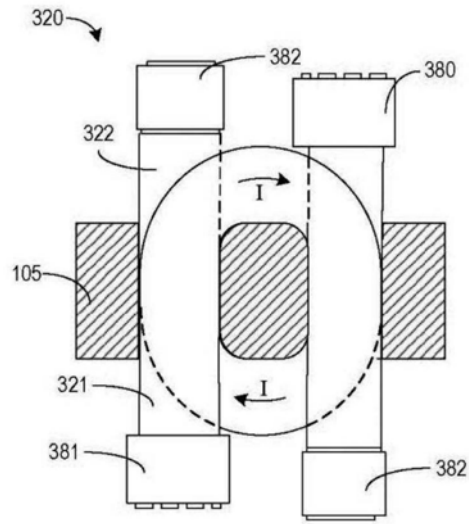


图3



第二绕组A
第一绕组
第二绕组B
第一绕组
第一绕组
第二绕组B
第一绕组
第二绕组A
第一绕组

图4

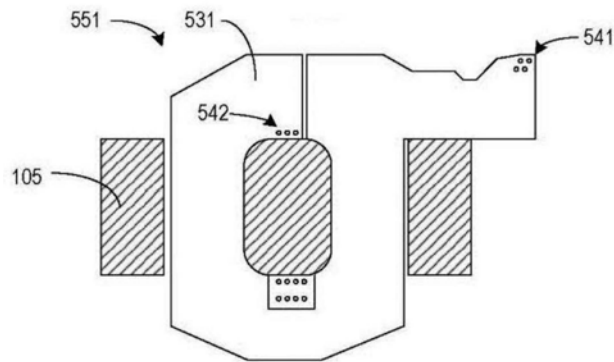


图5A

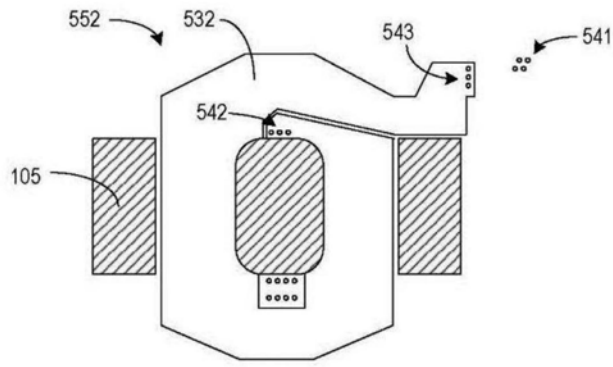


图5B

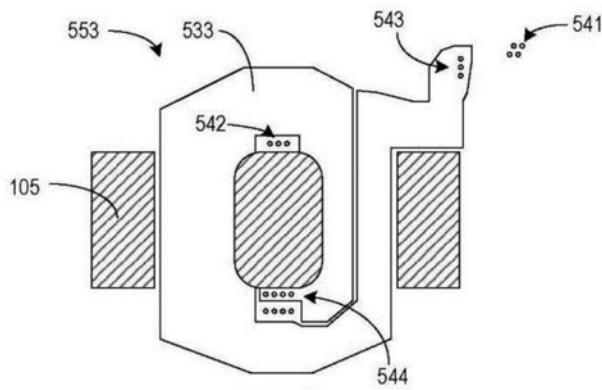


图5C

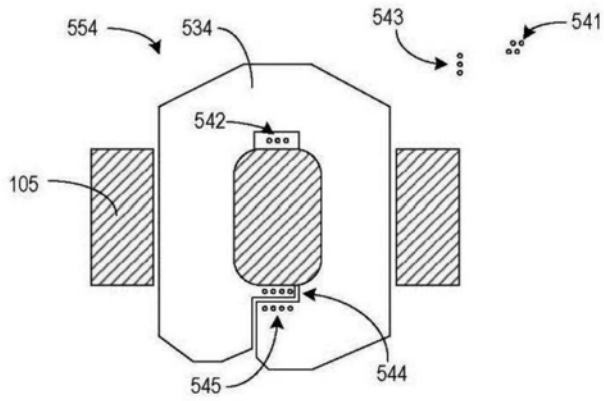


图5D

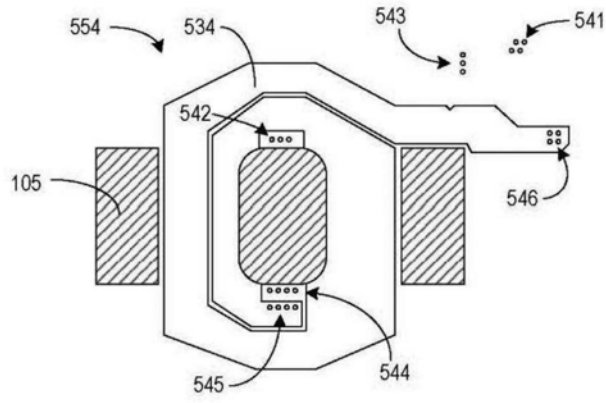


图5E

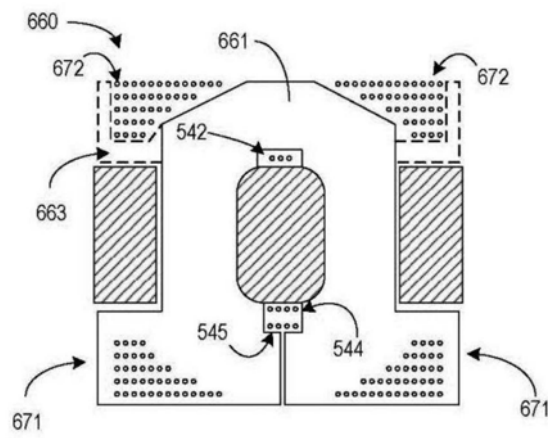


图6A

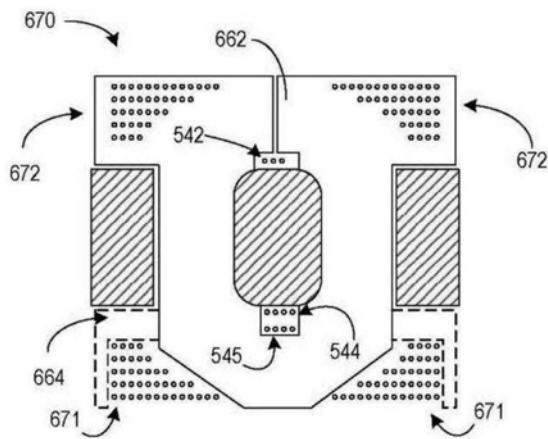


图6B

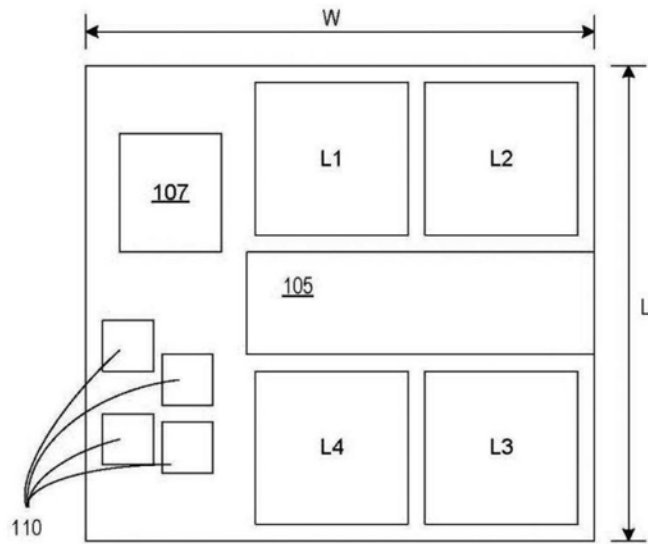


图7A

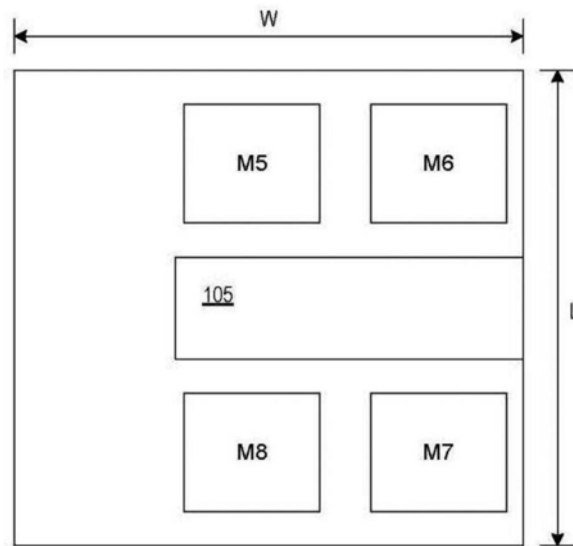


图7B

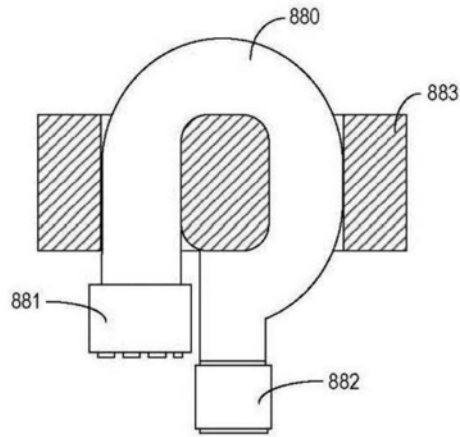


图8

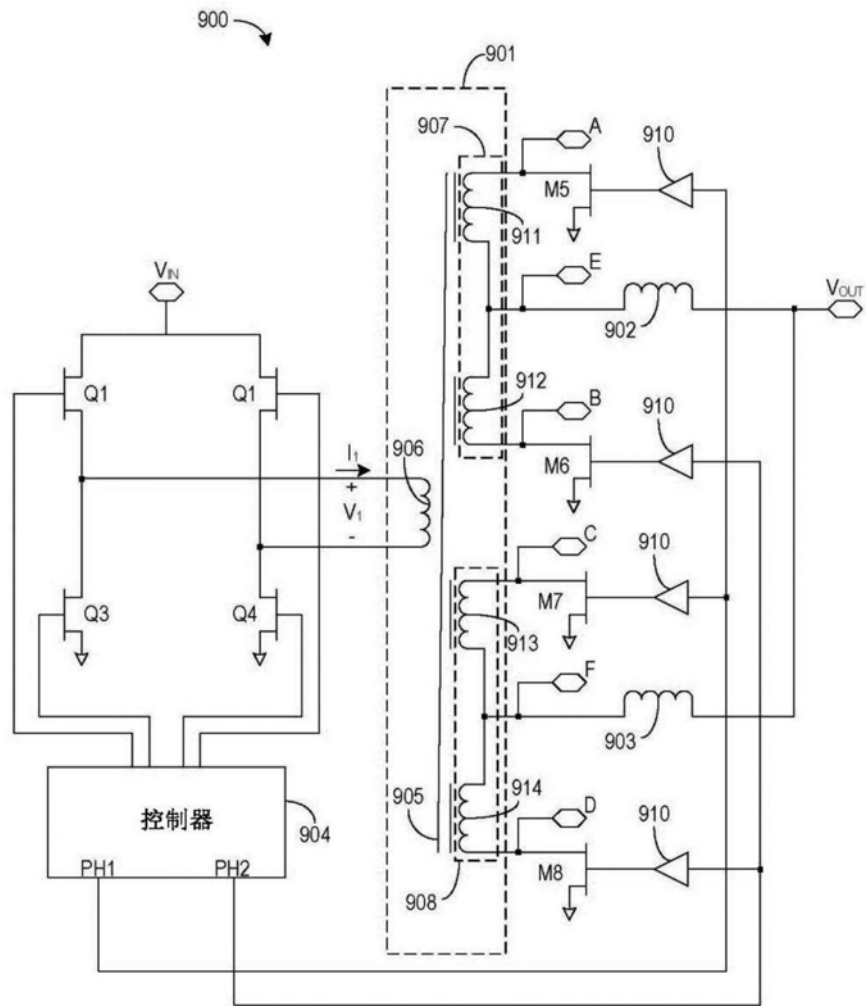


图9

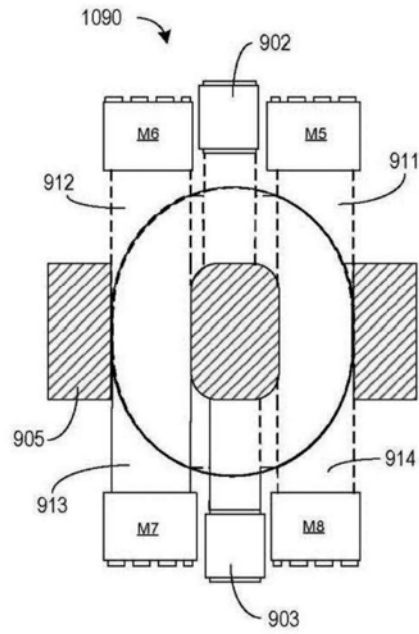


图10

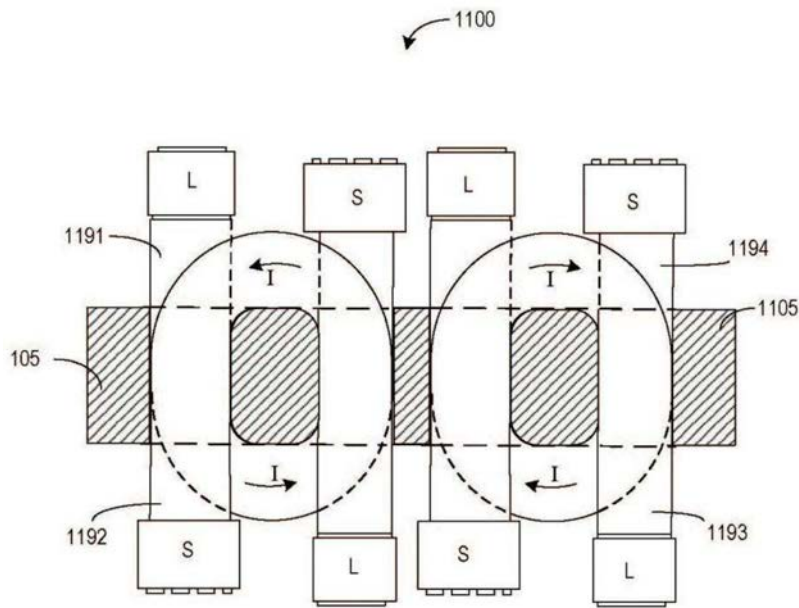


图11

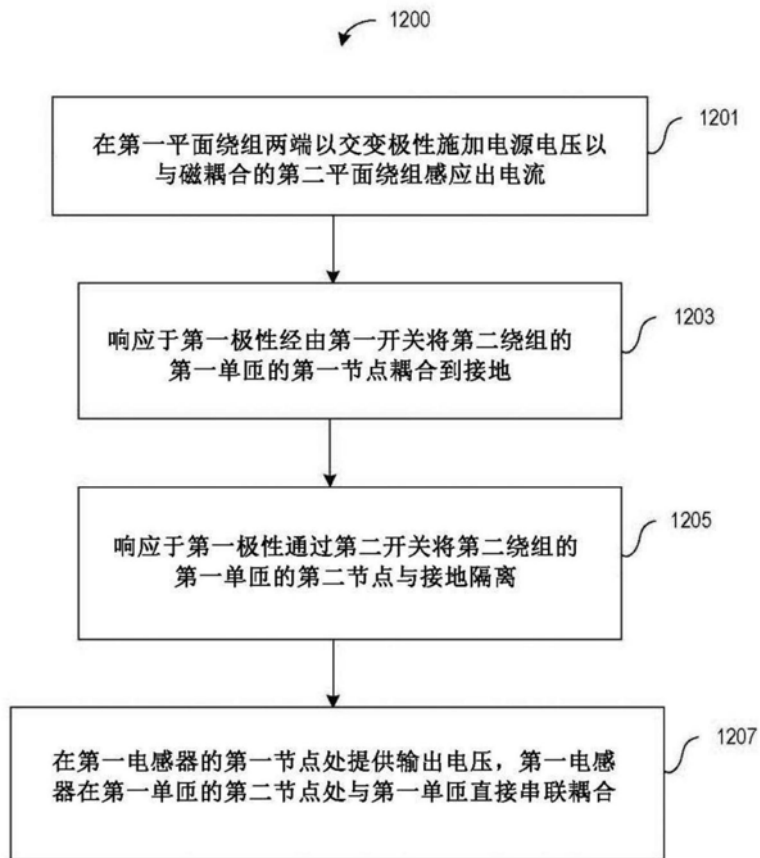


图12