



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107424784 B

(45)授权公告日 2019.11.19

(21)申请号 201611216432.1

H03F 1/22(2006.01)

(22)申请日 2014.02.21

H03F 1/56(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H03F 3/193(2006.01)

申请公布号 CN 107424784 A

H03F 3/195(2006.01)

H03F 3/21(2006.01)

(43)申请公布日 2017.12.01

H03F 3/24(2006.01)

(30)优先权数据

H03F 3/45(2006.01)

102013101768.1 2013.02.22 DE

(62)分案原申请数据

201410059122.8 2014.02.21

(73)专利权人 英特尔德国有限责任公司

地址 德国诺伊比贝格

(72)发明人 S.洛伊施纳 J.莫赖拉 P.普范

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 吕传奇 陈岚

(56)对比文件

US 7570144 B2,2009.08.04,

CN 101142639 A,2008.03.12,

US 7570144 B2,2009.08.04,

CN 102195575 A,2011.09.21,

US 6683510 B1,2004.01.27,

US 7456721 B2,2008.11.25,

WO 0122444 A1,2001.03.29,

US 2008042792 A1,2008.02.21,

审查员 王红芬

(51)Int.Cl.

H01F 27/28(2006.01)

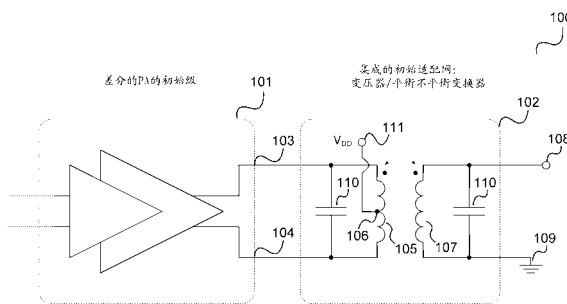
权利要求书2页 说明书7页 附图10页

(54)发明名称

变压器和电路

(57)摘要

本发明涉及变压器和电路。提供了一种变压器。所述变压器包括:至少一个第一初级匝;至少一个第二初级匝;以及第一次级匝和第二次级匝。所述第一次级匝和所述第二次级匝被横向地布置在所述至少一个第一初级匝与所述至少一个第二初级匝之间。所述第一次级匝和所述第二次级匝被一个高于另一个地布置。



1. 一种变压器,包括:  
至少一个第一初级匝;  
至少一个第二初级匝;以及  
第一次级匝和第二次级匝;  
其中所述第一次级匝和所述第二次级匝被横向地布置在所述至少一个第一初级匝与  
所述至少一个第二初级匝之间;并且  
其中所述第一次级匝和所述第二次级匝被一个高于另一个地布置在不同的金属化平  
面中;  
其中所述至少一个第一初级匝包括另外的第一初级匝,其中所述第一初级匝被布置在  
彼此平行的不同的金属化平面中;并且  
其中所述至少一个第二初级匝包括另外的第二初级匝,其中所述第二初级匝被布置在  
彼此平行的不同的金属化平面中。
2. 根据权利要求1所述的变压器,  
其中所述初级匝和所述次级匝被布置在管芯或芯片上。
3. 一种电路,包括:  
放大器;以及  
根据权利要求1所述的变压器。
4. 根据权利要求3所述的电路,  
其中所述放大器是功率放大器。
5. 根据权利要求4所述的电路,  
其中所述功率放大器是差分功率放大器。
6. 根据权利要求3所述的电路,进一步包括:  
输出匹配网络,其中所述输出匹配网络包括所述变压器。
7. 一种变压器,包括:  
至少一个第一初级匝;  
至少一个第二初级匝;以及  
第一次级匝和第二次级匝;  
其中所述第一次级匝和所述第二次级匝被横向地布置在所述至少一个第一初级匝与  
所述至少一个第二初级匝之间;并且  
其中所述第一次级匝和所述第二次级匝被一个高于另一个地布置;  
其中所述至少一个第一初级匝包括另外的第一初级匝,其中所述第一初级匝被一个高  
于另一个地布置在不同的金属化平面中;  
其中所述至少一个第二初级匝包括另外的第二初级匝,其中所述第二初级匝被一个高  
于另一个地布置在不同的金属化平面中;  
其中所述第一初级匝被布置在彼此平行的不同的金属化平面中;并且  
其中所述第二初级匝被布置在彼此平行的不同的金属化平面中。
8. 根据权利要求7所述的变压器,  
其中所述初级匝和所述次级匝被布置在管芯或芯片上。
9. 一种电路,包括:

放大器;以及

根据权利要求7所述的变压器。

10. 根据权利要求9所述的电路,  
其中所述放大器是功率放大器。

11. 根据权利要求10所述的电路,  
其中所述功率放大器是差分功率放大器。

12. 根据权利要求9所述的电路,进一步包括:  
输出匹配网络,其中所述输出匹配网络包括所述变压器。

## 变压器和电路

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本案是申请号:201410059122.8,发明名称为:变压器和电路的分案申请。本申请要求2013年2月22日提交的并且通过引用整体地结合在本文中的德国专利申请序号10 2013 101 768.1的优先权。

### 技术领域

[0003] 本公开一般地涉及变压器和电路。

### 背景技术

[0004] 为了完全地将包括功率放大器的移动无线电收发机与变压器输出匹配网络一起集成在芯片上,期望功率放大器的变压器输出匹配网络被高度地平衡,例如以便共模信号被很好地抑制。此外,期望可能布置在芯片上或在相同的芯片封装中的另外的部件被影响尽可能少。

### 发明内容

[0005] 提供了变压器。所述变压器包括:至少一个第一初级匝(turn);至少一个第二初级匝;以及第一次级匝和第二次级匝。第一次级匝和第二次级匝被横向地布置在至少一个第一初级匝与至少一个第二初级匝之间。第一次级匝和第二次级匝被一个高于另一个地布置。

[0006] 此外,提供了电路。所述电路可以包括:具有第一端和第二端的第一差分分支,所述第一端被耦合到供应有第一供应电位的供应节点;具有第一端和第二端的第二差分分支,所述第一端被耦合到供应节点;变压器的初级匝。初级匝被连接在第一差分分支的第二端与第二差分分支的第二端之间。初级匝具有供应有第二供应电位的中心连接;以及反馈路径,其借助于电容将中心连接耦合到供应节点并且其至少部分地在初级匝的内部中运行。

### 附图说明

[0007] 图不再现实际的尺寸关系,而是旨在用来图示各种示例性实施例的原理。参考以下图在下面对各种示例进行描述。

[0008] 图1示出了(集成)功率放大器电路。

[0009] 图2示出了放大器电路。

[0010] 图3示出了变压器。

[0011] 图4示出了电路。

[0012] 图5示出了在初级绕组与次级绕组之间具有垂直耦合的变压器。

[0013] 图6示出了在被以叉指(interdigitated)方式布置的初级绕组与次级绕组之间具有横向耦合的变压器。

[0014] 图7示出了在初级绕组与次级绕组之间具有横向耦合并且在次级匝之间具有横向耦合的变压器。

[0015] 图8示出了在初级绕组与次级绕组之间具有横向耦合并且在次级匝之间具有垂直耦合的变压器。

[0016] 图9示出了变压器。

[0017] 图10示出了变压器的匝数的布置。

### 具体实施方式

[0018] 以下具体描述参考示出了细节和各种实施方式的附图。这些实施方式被足够详细地描述以使得本领域的技术人员能够实现本发明。其他实施方式也是可能的并且能够从结构、逻辑以及电气立场修改实施方式,而不背离实施方式的主题。各种实施方式未必是相互排斥的,相反地不同的实施方式能够与彼此组合,从而产生新的实施方式。

[0019] 为了完全地将包括功率放大器(PA)的移动无线电收发机集成在片上系统解决方案(SoC)中,典型地有必要实现高质量匹配网络。特别地,功率放大器的输出匹配网络在这里是特别非常重要的,因为必须实现插入损耗的非常低的值以便实现高功率放大器效率并且因此以便最小化电流消耗。此外,功率放大器输出级的差分信号典型地旨在被转换成相对于接地不平衡的RF(射频)输出信号。电容性地调谐的变压器被典型地用于这个目的,其中初级匝被同时地用于馈送供应电压。这在图1中被图示。

[0020] 图1示出了(集成)功率放大器电路100。

[0021] (集成)功率放大器电路100包括差分功率放大器101和输出匹配网络/平衡不平衡变换器(balun) 102。

[0022] 功率放大器101的差分输出端103、104被耦合到输出匹配网络/平衡不平衡变换器102的变压器的初级绕组105。供应电压VDD经由初级绕组105的(即变压器的初级侧的)中心抽头106从供应电压节点111被馈入。次级绕组107的一个连接形成输出匹配网络/平衡不平衡变换器102的输出端108。次级绕组107的另一个连接被连接到接地连接109。电容110附加地与初级绕组并且与次级绕组并联连接。

[0023] 除最低可能的损耗之外,高平衡是需要的以便首先获得共模信号(典型地偶数谐波)的非常好的抑制并且其次以便将相同的负载阻抗提供给差分输出级101的两个部分。这个最后是特别重要的以便实际上确保处于第一位置中的输出级101的差分/平衡操作并且因此以便尽可能多地抑制共模信号,以最大效率地操作功率放大器101并且以在电流和电压方面均匀地加载功率放大器的部分级,以便实现高可靠性。此外,非常高的平衡确保在供应电压节点111处的阻抗对功率放大器101的性能具有仅很少影响。

[0024] 除高平衡之外,期望作为供应电压的馈送和所关联的接地网络(例如在实现功率放大器101和/或输出匹配网络/平衡不平衡变换器102的集成电路中、在收发机电路100被集成在其中和分别在其上的芯片封装和电路板中)的结果影响其他部件为低的。典型地,变压器的中心抽头被连接到具有最低可能的电阻和电感用于供应电压VDD的对应垫结构。相同情况适用于功率放大器101的接地链路。

[0025] 然而,功率放大器典型地在芯片封装中或在电路板上与其他敏感电路部分具有公共接地阻抗。这在图2中被图示。

[0026] 图2示出了放大器电路200。

[0027] 放大器电路200包括具有一个或多个第一场效应晶体管203的第一差分分支201和具有一个或多个场效应晶体管204的第二差分分支202。第一差分分支201具有第一连接205,其形成放大器200的正输入端,并且第二差分分支202具有第二连接206,其形成放大器202的负输入端。

[0028] 差分分支201、202在节点A处的一端处被耦合到彼此,所述节点A经由第一电阻器207并且经由第二电阻器208被耦合到接地连接209。变压器的初级绕组210被耦合在差分分支201、202的其他端之间,所述其他端能够被认为是由差分分支201、202所形成的放大器的输出端,类似于功率放大器101的输出端103、104。第一电容211与初级绕组210并联布置。次级绕组212的连接形成例如放大器电路的输出端213、214,例如,其中输出端213、214中的一个被与图1类似地连接到接地。第二电容215被连接在输出端213、214之间。

[0029] 初级绕组210具有指定为节点B的中心连接216,借助于所述中心连接216供应电压VDD经由第三电阻器217被从电压源218馈送。电压源218对于其部分来说被耦合到接地连接209。

[0030] 在这个示例中,另外的电路块219经由第四电阻器220和第二电阻器208被同样地耦合到接地连接209。电阻器207、208、217、220一般地可以是阻抗(例如具有特定电感)。电路块219是例如与放大器相同的芯片封装的一部分,或者被布置在相同的电路板上。

[0031] 由于公共接地连接的原因,RF电流的共模分量(在图2中由虚线图示)能够经历通过放大器到电路块219的串扰。

[0032] 差模分量的流动在图2中为了说明由点划线来图示。

[0033] 如在下面所描述的那样,通过示例的方式,提供了在功率放大器的RF核心中具有共模电流的直接反馈的低损耗、高度平衡的变压器,借此能够显著地降低串扰。

[0034] 图3示出了变压器300。

[0035] 变压器包括至少一个第一初级匝301和至少一个第二初级匝302。

[0036] 变压器此外包括第一次级匝303和第二次级匝304。第一次级匝303和第二次级匝304被横向地布置在至少一个第一初级匝301与至少一个第二初级匝302之间,并且第一次级匝303和第二次级匝304被一个高于另一个地布置。

[0037] 换句话说,在变压器中,初级侧的和次级侧的匝被以这样的方式来布置,即属于不同侧的匝横向地耦合而属于相同侧的匝垂直地耦合。这具有作为横向耦合的结果最小化例如初级和次级侧之间的耦合电容的结果,作为其结果平衡被提高了。将次级侧定位在初级绕组的两个并联连接的部分之间在对平衡仅有少影响的情况下提高了初级和次级侧之间的横向耦合。为了提高效率,次级绕组的N个单独的匝(可能同样在初级绕组在其中 $N > 1$ 的初级侧的情况下的情况下)体现有垂直耦合。这具有提高单独的匝部分之间的耦合的结果,作为其结果质量因数进而被提高了。

[0038] 例如,第一次级匝和第二次级匝被串联连接。

[0039] 变压器包括例如被横向地布置在第一初级匝与至少一个第二初级匝之间的至少一个另外的次级匝。

[0040] 通过示例的方式,该另外的次级匝被至少部分地布置在第一初级匝的至少一个部分或第二初级匝的至少一个部分之上。

- [0041] 例如,另外的次级匝、第一次级匝以及第二次级匝被串联连接。
- [0042] 例如,第一次级匝被布置在第一平面中,并且第二次级匝和另外的次级匝被布置在高于第一平面的第二平面中。
- [0043] 第一次级匝和第二次级匝可以具有不同的宽度。
- [0044] 第一次级匝和第二次级匝可以被布置在不同的金属化平面中。
- [0045] 通过示例的方式,第一次级匝和第二次级匝由不同的金属化平面形成。
- [0046] 例如,第一初级匝和第二初级匝被并联连接。
- [0047] 至少一个第一初级匝是例如多个第一初级匝。
- [0048] 例如,所述多个第一初级匝的初级匝被并联连接。
- [0049] 至少一个第二初级匝是例如多个第二初级匝。
- [0050] 例如,所述多个第二初级匝的初级匝被并联连接。
- [0051] 至少一个第一初级匝具有例如在第一次级匝水平的第一部分和在第二次级匝水平的第二部分。
- [0052] 至少一个第二初级匝具有例如在第一次级匝水平的第一部分和在第二次级匝水平的第二部分。
- [0053] 例如,初级匝和次级匝被布置在管芯或芯片上。
- [0054] 例如,初级匝和次级匝由带状线形成。
- [0055] 图4示出了电路400。
- [0056] 电路400包括具有第一端402和第二端404的第一差分分支401,所述第一端402被耦合到供应有第一供应电位的供应节点403。
- [0057] 此外,电路400包括具有第一端406和第二端407的第二差分分支405,所述第一端406被耦合到供应节点403。
- [0058] 电路400此外包括变压器的初级匝408。初级匝被连接在第一差分分支401的第二端404与第二差分分支405的第二端407之间,其中初级匝408具有供应有第二供应电位的中心连接409。
- [0059] 电路400此外包括反馈路径410,其借助于电容411(电容性地)将中心连接409耦合到供应节点403并且其至少部分地在初级匝408的内部中运行。
- [0060] 换句话说,从一个或多个初级匝的供应连接到供应电位(例如到接地)的反馈(或返回耦合)被布置在初级匝的内部中(并且因此典型地在最短路径上)。初级匝的内部是例如由初级匝所包封的区。
- [0061] 耦合能够被理解(取决于上下文)为电容耦合或电感耦合或者为电导电连接(例如电连接)。
- [0062] 通过示例的方式,一个或多个阻塞电容和共模信号反馈被集成到变压器中(在初级绕组的内部中)。用作说明地,RF共模电流因此能够被局部短路。
- [0063] 例如,差分分支是放大器分支。
- [0064] 差分分支中的每一个例如在每种情况下都具有至少一个晶体管。
- [0065] 例如,(相应的)晶体管具有控制输入端,其形成差分分支的输入端。
- [0066] 例如,差分分支的输入端是差分放大器输入端。
- [0067] 例如,初级匝被布置在金属化平面中,并且反馈路径被至少部分地布置在金属化

平面中。

[0068] 初级匝能够具有第一连接,其被耦合到第一差分分支的第二端,并且可以具有第二连接,其被耦合到第一差分分支的第二端,其中反馈路径例如在第一连接与第二连接之间直通初级匝的内部。

[0069] 电路包括例如具有变压器的多个初级匝的初级绕组,所述初级绕组被连接在第一差分分支的第二端与第二差分分支的第二端之间,其中反馈路径例如至少部分地在初级绕组的内部中运行。

[0070] 反馈路径例如在初级匝的两个对称分支之间运行。

[0071] 例如,反馈路径沿着通过中心连接运行的初级匝的对称轴运行。

[0072] 反馈路径可以至少部分地在差分分支之间运行。

[0073] 第一供应电位是例如低供应电位(例如VSS),并且第二供应电位是例如高供应电位(例如VDD)。

[0074] 电容被例如布置在初级匝的内部中。

[0075] 电容还可以被布置在初级匝外部。

[0076] 应该考虑到,变压器300可以被用于电路400,也就是说电路400的初级匝是变压器300的初级匝。因此,关于变压器300被描述的示例和特征对于电路400来说是类似地有效的。

[0077] 在下面更详细地描述了变压器300和电路400的示例。

[0078] 用于在集成电路中使用的变压器能够包括两个垂直地耦合的电感(“堆叠式变压器”)或两个横向地耦合的电感(“叉指式绕组变压器”)。

[0079] 图5示出了在初级绕组与次级绕组之间具有垂直耦合的变压器500。

[0080] 变压器包括具有三个并联连接的初级匝的初级绕组501和具有两个串联连接的次级匝的次级绕组502。

[0081] 变压器的两个绕组501、502被一个直接地高于另一个地布置在两个不同的金属层中。以这种方式,实现非常高的耦合因数并且因此实现高效率或低插入损耗是可能的。然而,为了最小化串联电阻,所述匝必须具有特定导体宽度。那在初级侧501与次级侧502之间自动地导致高耦合电容503,并且因此如果次级侧502在一端处被接地则导致不平衡的行为,对于平衡不平衡变换器来说情况就是这样。

[0082] 图6示出了在初级绕组与次级绕组之间具有垂直耦合的变压器600。

[0083] 变压器包括具有三个并联连接的初级匝的初级绕组601和具有两个串联连接的次级匝的次级绕组602。

[0084] 在这个示例中,变压器600的两个绕组601、602被布置在一个平面中的相同的金属层(或相同的多个金属层)中。与变压器500相比耦合电容603被显著地降低了,因为金属化的高度典型地显著地小于匝的导体宽度。然而,在初级侧601与次级侧602之间的电感耦合在这样的布置的情况下是相对低的。

[0085] 作为初级绕组601和次级匝602的叉指化(如图6中所示)的结果,这个缺点再次可以被部分地补偿,但作为初级匝与次级匝之间附加需要的交叉的结果以提高的串联电阻为代价。

[0086] 图7示出了在初级绕组与次级绕组之间具有横向耦合并且在次级匝之间具有横向



耦合的变压器700。

[0087] 变压器700包括具有两个并联连接的初级匝708、709的初级绕组701和具有两个串联连接的次级匝的次级绕组702。

[0088] 初级侧701和次级侧702横向地耦合,其中次级侧702的两个匝同样位于一个平面中并且因此横向地耦合。和变压器600对比,在这里两个次级匝被布置在初级匝之间,这与变压器600相比进一步降低电容耦合。

[0089] 在变压器700的情况下,电容703此外被布置在初级匝701内,例如以得到变压器被用于的放大器的供应电压。初级绕组701的内初级匝704出于这个目的具有电容703被耦合到的中心连接705。例如,电容703以及将电容703耦合到中心连接705的连接706是反馈路径710的一部分,所述反馈路径710在初级匝710的连接707之间直通初级匝701的内部并且被耦合到接地连接节点。通过示例的方式,中心连接705对应于放大器电路200的节点B并且接地连接节点对应于放大器电路200的节点A。初级绕组的连接707例如对应于差分分支201、202到初级绕组210的连接。在这个示例中,供应电压在VDD连接708处被馈送给初级绕组701,所述VDD连接708被布置在外初级匝709上。

[0090] 反馈路径710使得能够实现共模电流的反馈。除芯片面积的节省之外,共模电流在短(或甚至最短)路径上的这样的反馈(通过初级匝701的内部)使得能够经由公共接地阻抗降低串扰,如关于图2所解释的那样。此外,能够通过对应导体环路的最小化来大大地抑制用于共模干扰的电感耦合路径。

[0091] 反馈路径710能够被视为电路400的反馈路径的示例。

[0092] 图8示出了在初级绕组与次级绕组之间具有横向耦合并且在次级匝之间具有垂向耦合的变压器800。

[0093] 变压器800包括具有两个并联连接的初级匝的初级绕组801和具有两个串联连接的次级匝的次级绕组702。

[0094] 在这个示例中,次级电感702的单独的匝被设计以便使得它们之间的耦合因数变得尽可能高。在所示出的示例中,次级侧702具有以垂直耦合方式一个高于另一个地布置在两个金属层中的两个匝。这个结构的紧凑横截面导致高耦合因数并且因此导致低插入损耗。典型地能够接受两个次级匝之间的较高电容,因为这些对电路的平衡没有影响。

[0095] 变压器800能够被认为是变压器300的示例。

[0096] 变压器800此外与变压器700类似地包括反馈路径803和集成(阻塞)电容804。

[0097] 以下表在模拟结果的基础上示出了与图5、图6以及图8中的示例相对应的优化的PA输出变压器的性能数据的比较。在相对于阻尼的最小损耗情况下,能够用依据图8的结构来实现横向地耦合的变压器的高平衡。

[0098]

	变压器耦合		
	依据图 5 的变压器	依据图 6 的变压器	依据图 8 的变压器
插入损耗 (dB)	0.62	0.9	0.68
振幅误差 (dB)	1.4	0.44 dB	0.4 dB
相位误差 (°)	10	2	2.3

[0099] 还能够用非整数数目的匝实现所示出的变压器结构。

[0100] 具有集成反馈路径的高度平衡的变压器的实施方式的另外的示例在图9中被图示。

[0101] 图9示出了变压器901、902。

[0102] 第一变压器901包括具有两个并联连接的初级匝的初级绕组903和具有两个串联连接的次级匝的次级绕组904。

[0103] 第二变压器902包括具有并联连接的初级匝的第一对905和并联连接的初级匝的第二对906的初级绕组,其中所述对905、906被串联连接,并且次级绕组907具有三个串联连接的次级匝。

[0104] 在两个示例中,次级侧输出端被以旋转 $90^\circ$ 的方式定位;然而,线圈相对于彼此的定向是不重要的。此外,如上面所描述的阻塞电容908在每种情况下被布置在变压器901、902内。另外的可能性是仅引导在变压器内用于供应(VDD)和接地(VSS)的线路并且将阻塞电容它本身布置在变压器外部。

[0105] 混合布置对于初级/次级匝的布置也是可能的,也就是说次级侧的部分匝垂直地耦合到初级侧。这样的示例在图10中被图示。

[0106] 图10示出了变压器的匝的布置。

[0107] 变压器包括具有两个并联连接的初级匝的初级绕组1001和具有三个串联连接的次级匝1002、1003的次级绕组904,其中次级匝1003中的一个由两个并联连接的次级匝构成。

[0108] 在这个示例中,两个并联连接的次级匝1003垂直地耦合到初级侧1001。

[0109] 出于平衡的原因,例如,由两个并联连接的次级匝构成的次级匝1003被接地,例如以便实现平衡不平衡变换器。

[0110] 尽管已经主要地参考特定实施例示出并且描述了本发明,但是熟悉本技术领域的技术人员应该理解,能够相对于配置和细节对其做出许多修改,而不背离如由下文中的权利要求所限定的本发明的本质和范围。本发明的范围因此由所附权利要求来确定,并且意图是以得到在待包含的权利要求的等同物的文字意义或范围下出现的所有修改。

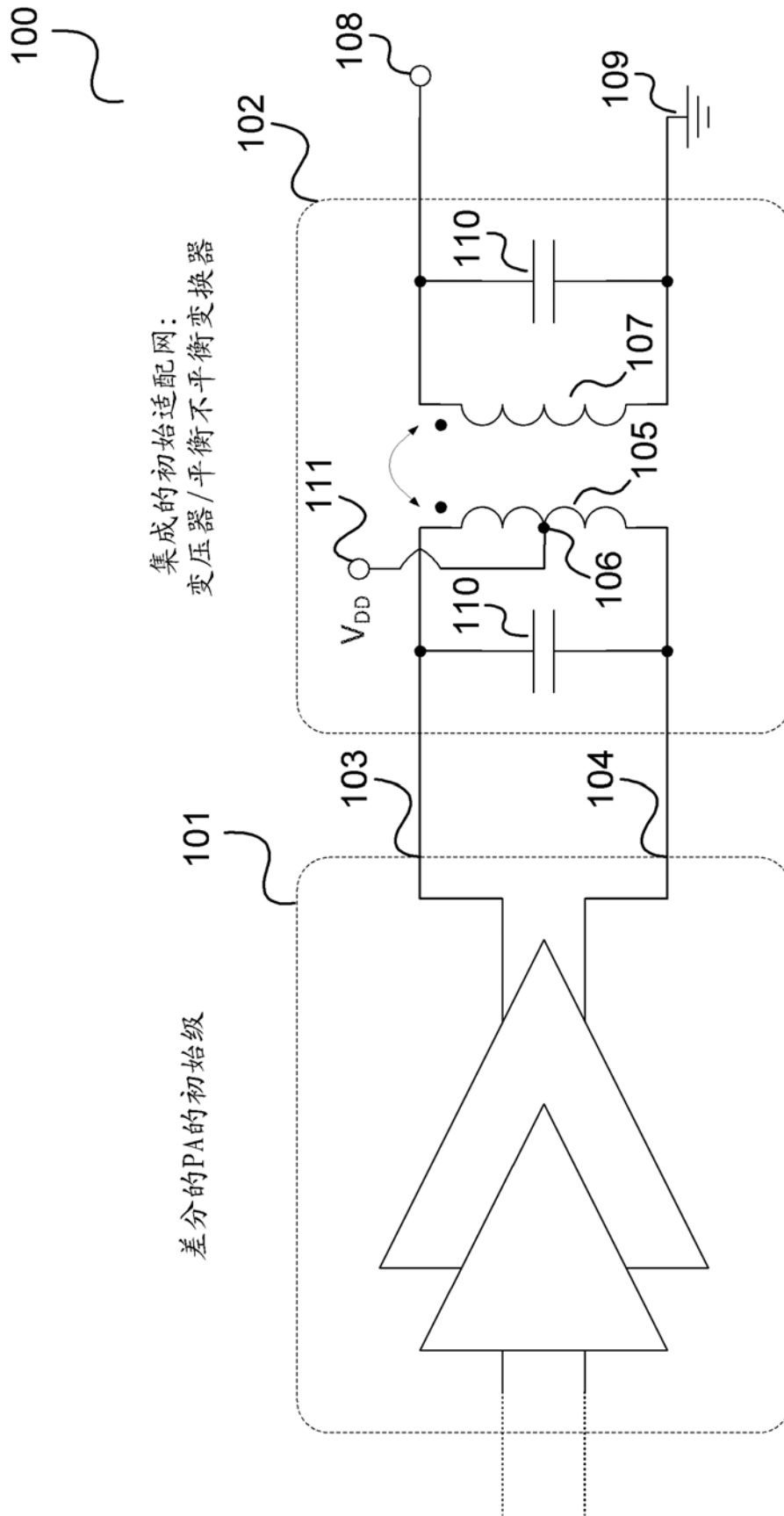


图 1



300

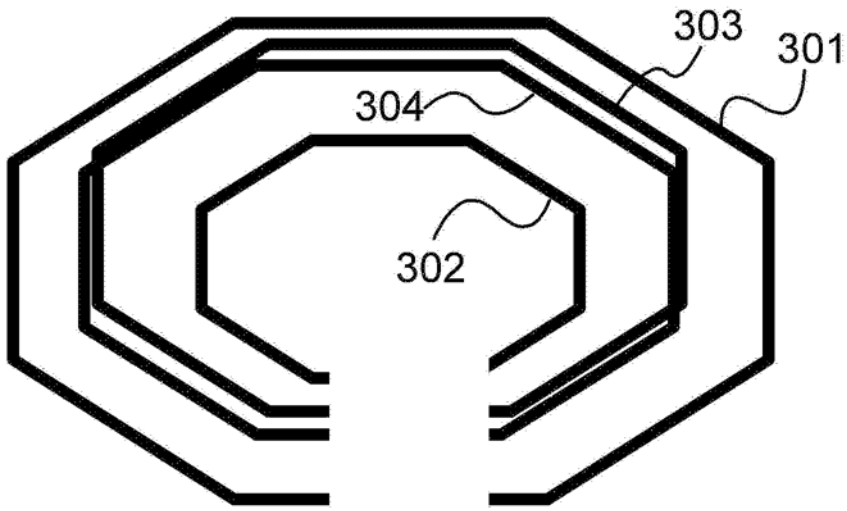


图 3

400

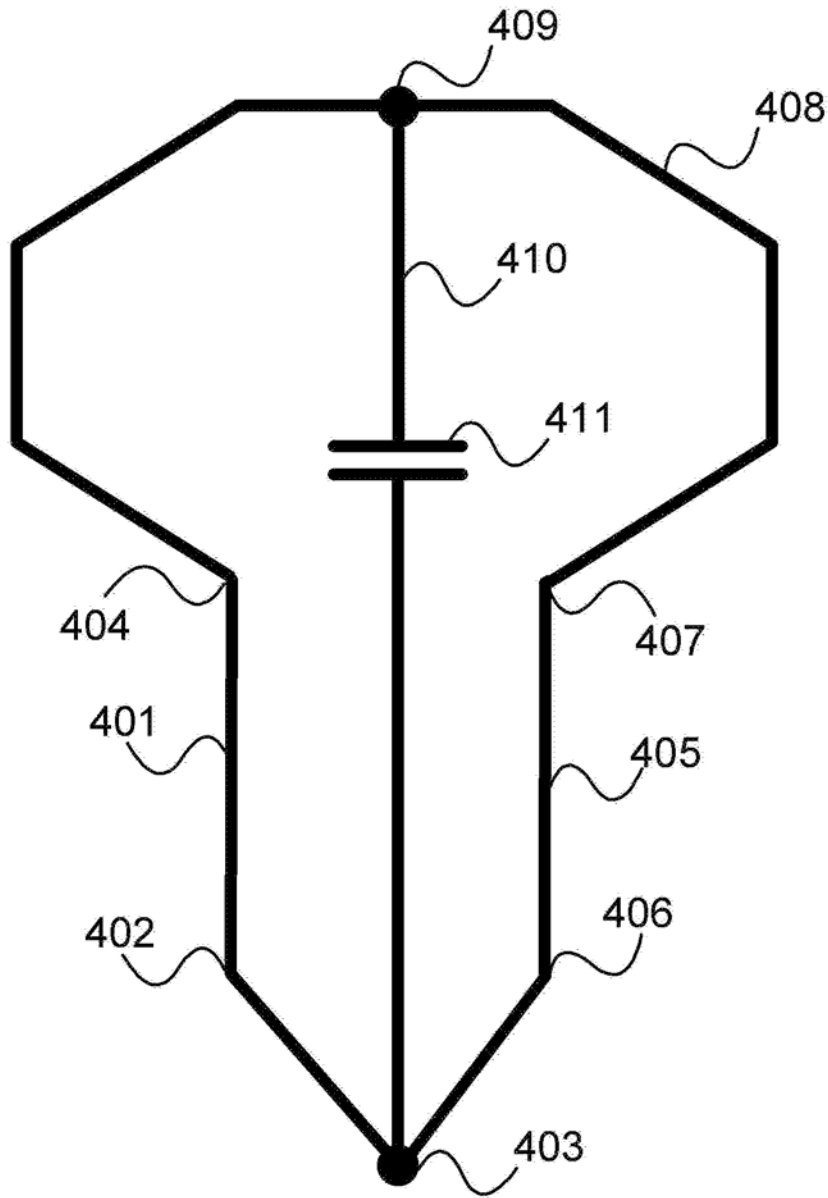


图 4

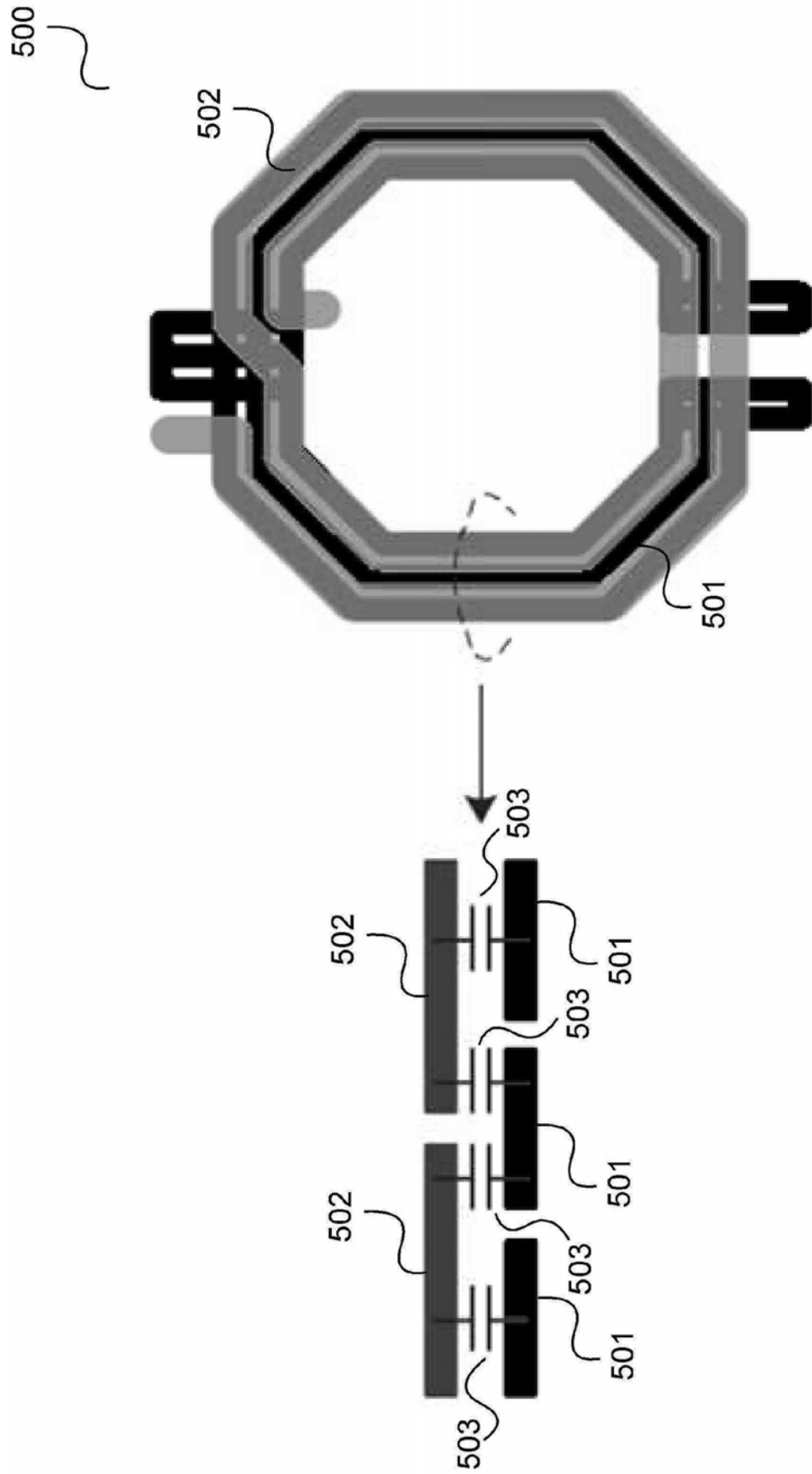


图 5

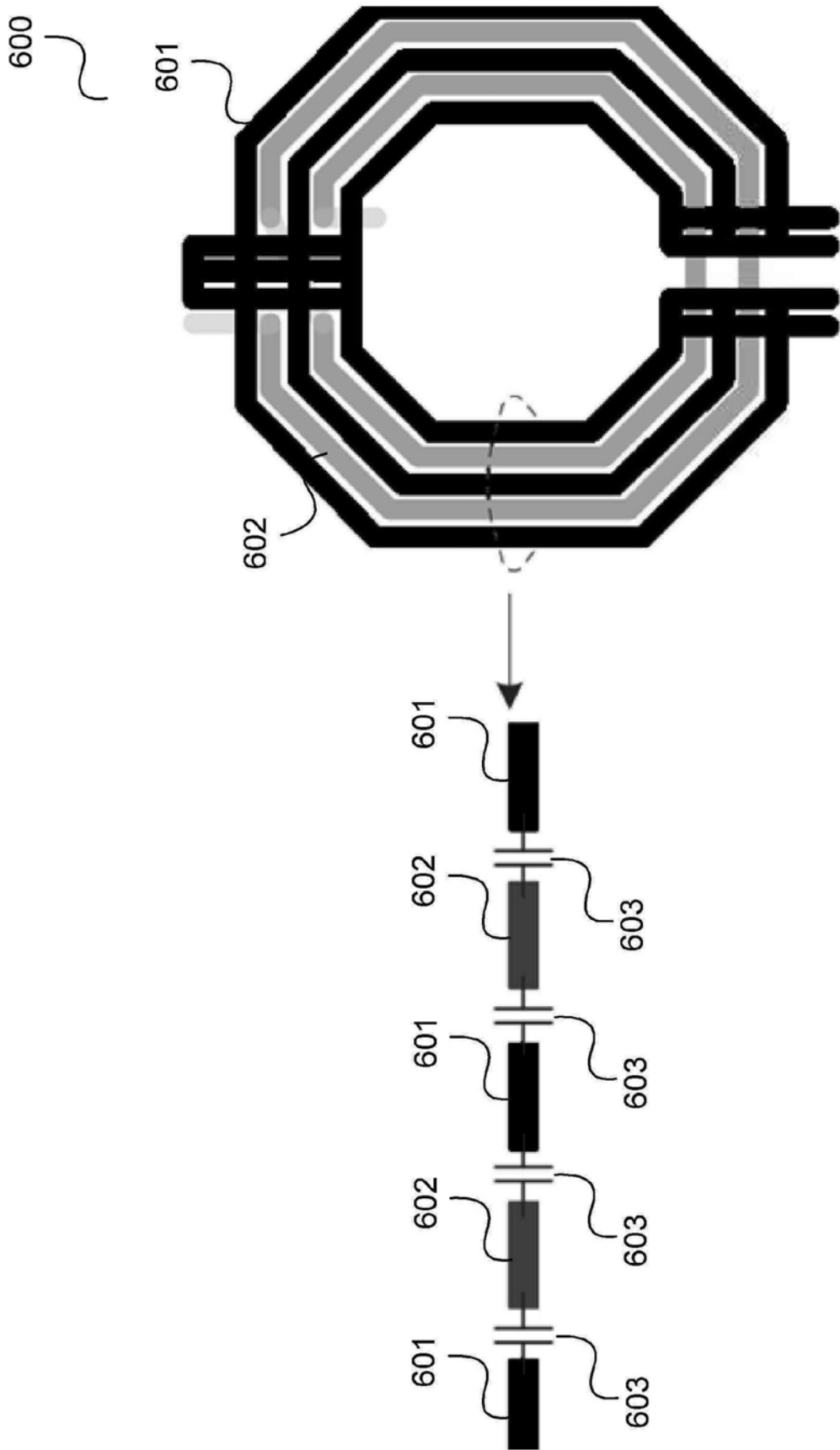


图 6





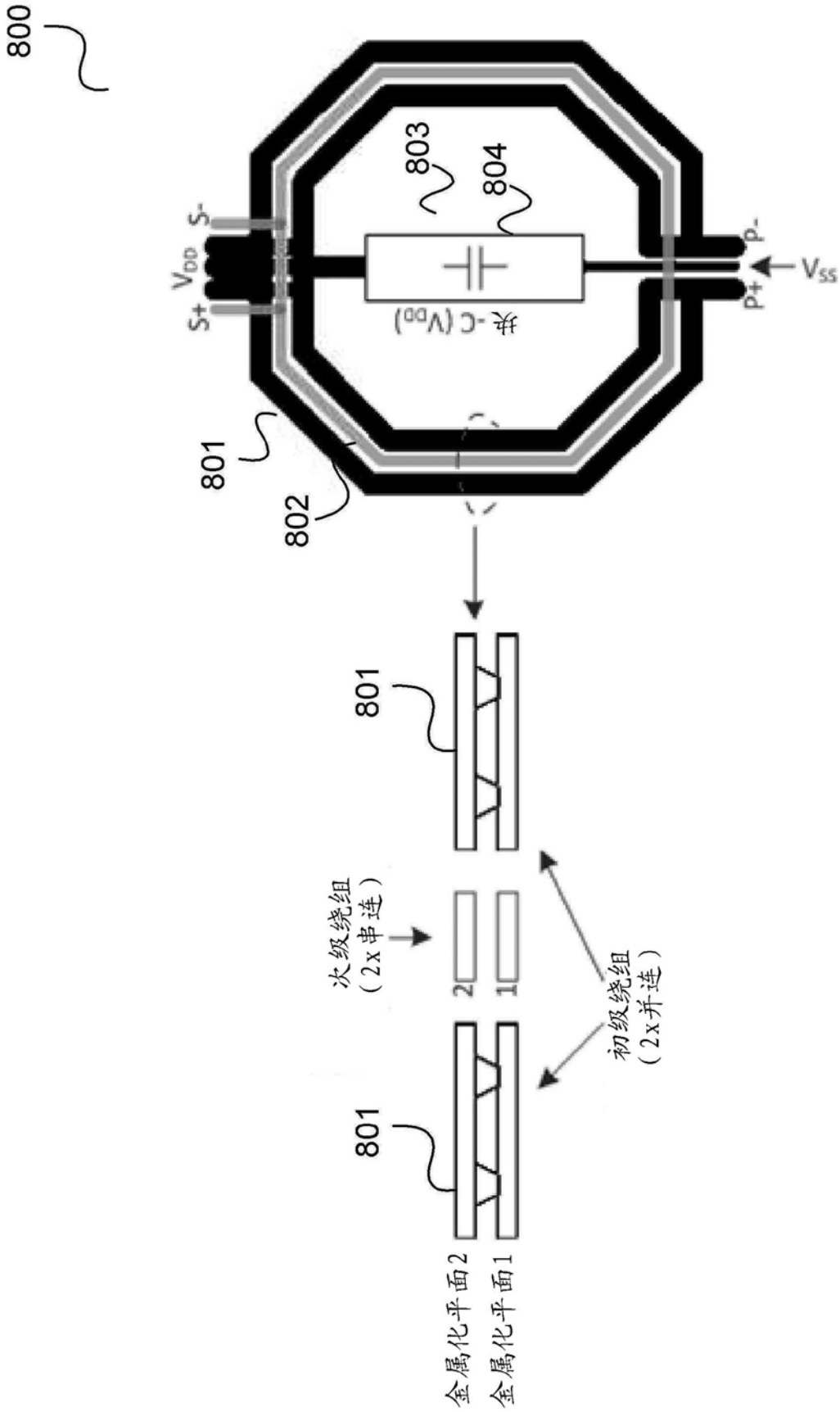


图 8

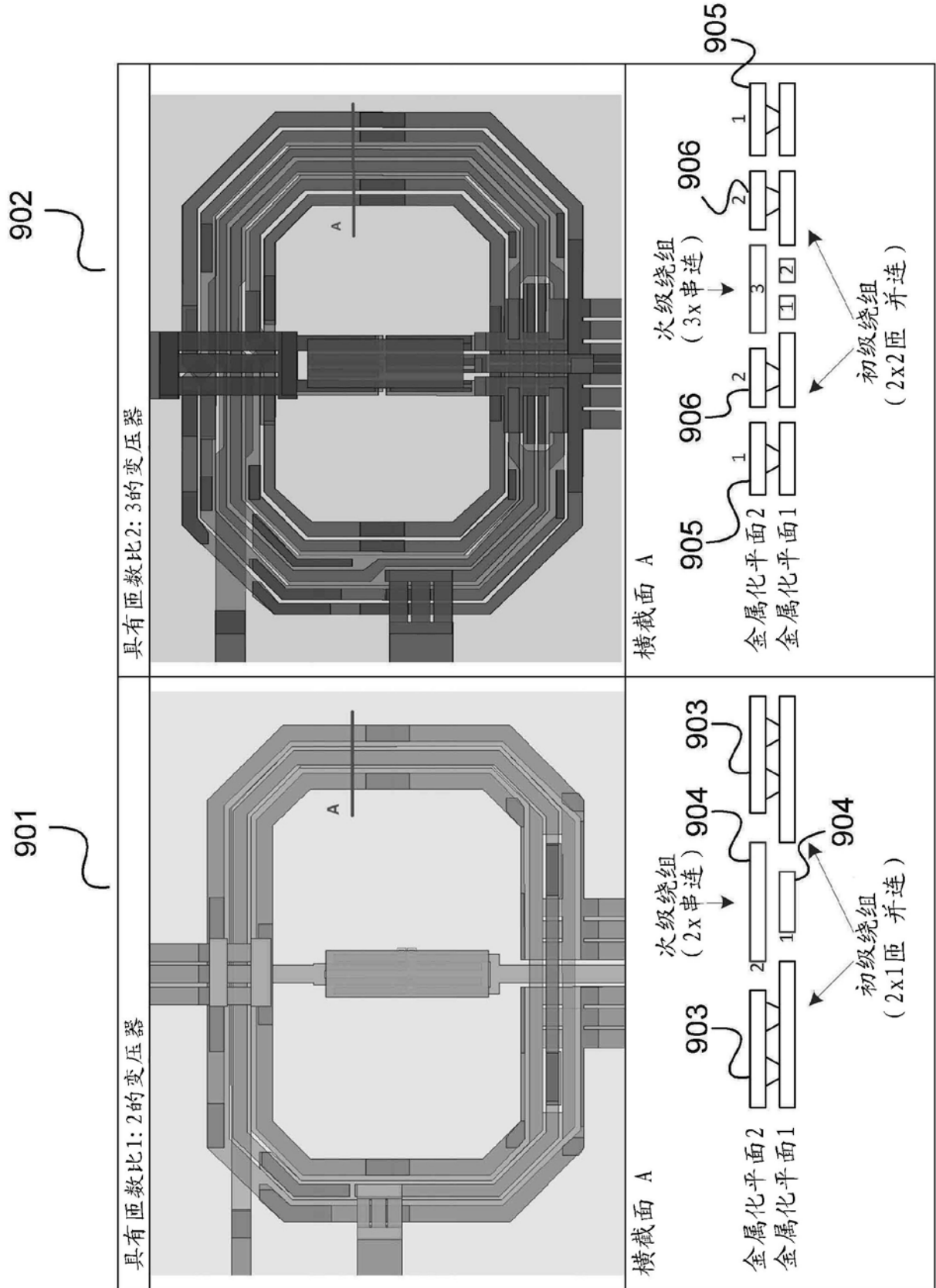


图 9

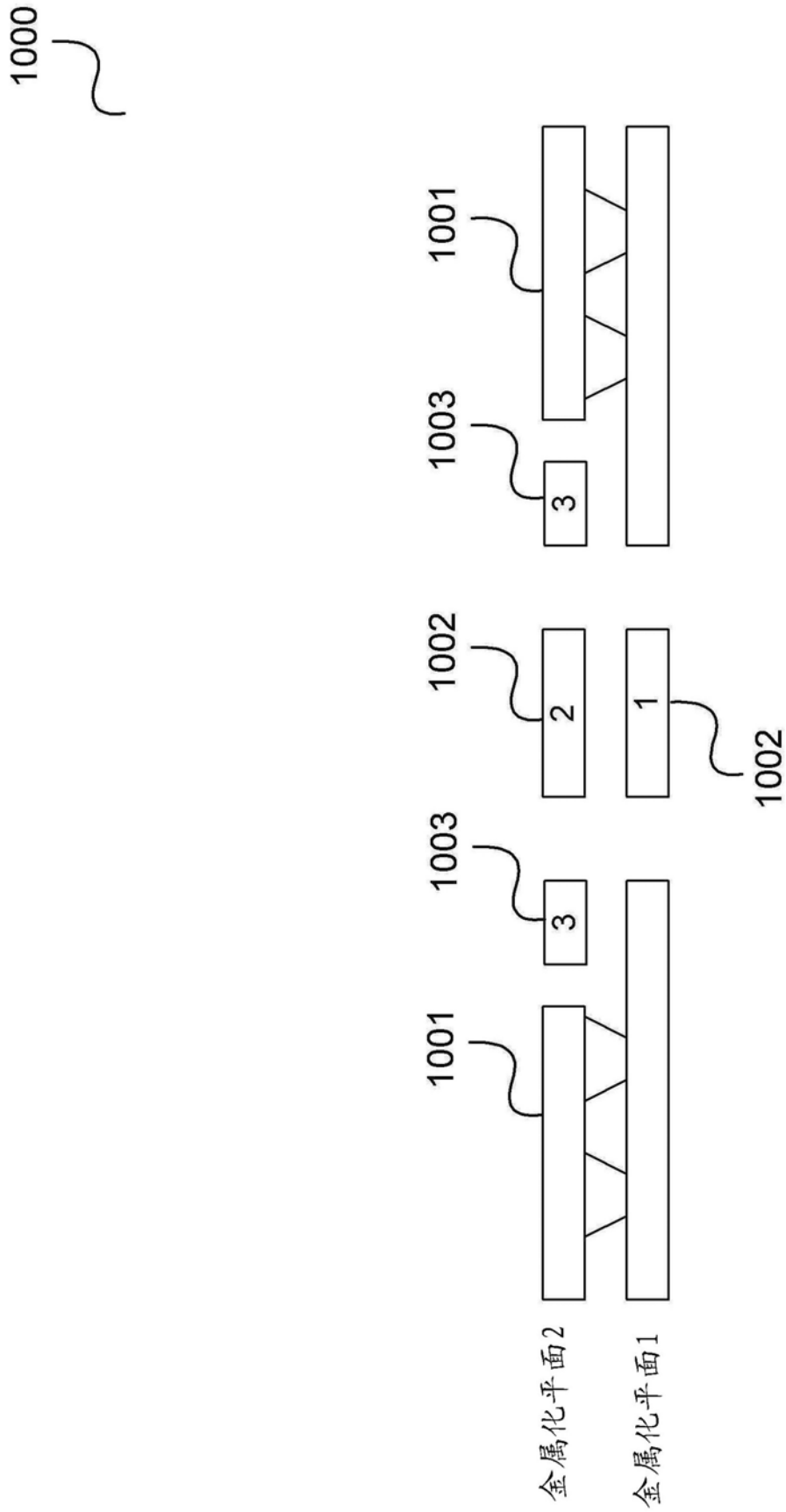


图 10