



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102543943 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 05

(21) 申请号 201110092413. 3

(22) 申请日 2011. 04. 11

(30) 优先权数据

12/963,701 2010. 12. 09 US

(73) 专利权人 台湾积体电路制造股份有限公司

地址 中国台湾新竹市

(72) 发明人 颜孝璁 林佑霖 吕盈达 郭晋玮
陈和祥

(74) 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司 72003

代理人 张浴月 刘文意

(51) Int. Cl.

H01L 23/522 (2006. 01)

H01F 30/06 (2006. 01)

H01L 29/94 (2006. 01)

H01L 21/334 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5015972 A, 1991. 05. 14, 说明书第 2 栏第 24 行至第 4 样第 55 行、附图 1A, 2B.

US 2003/0001188 A1, 2003. 01. 02, 全文.

US 5477204 A, 1995. 12. 19, 说明书第 1 样第 55 行至第 3 样第 60 行、附图 1, 2.

US 5015972 A, 1991. 05. 14, 说明书第 2 样第 24 行至第 4 样第 55 行、附图 1A, 2B.

审查员 陆然

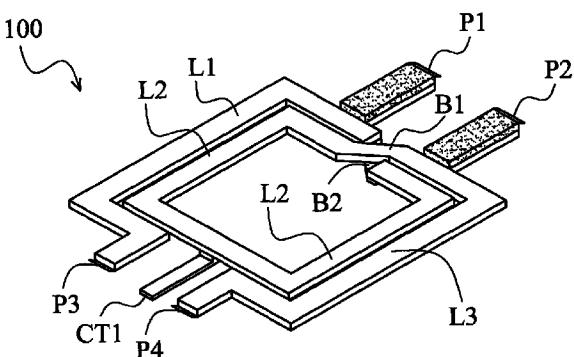
权利要求书2页 说明书8页 附图9页

(54) 发明名称

具旁路电容器的变压器及其制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种具旁路电容器的变压器及其制造方法，该变压器包括：一第一线圈，建基于一半导体基质上的一第一金属层，该第一线圈具有第一片段以及第二片段；一第二线圈，建基于该第一金属层，该第一片段与该第二线圈的第一部位相邻，而该第二片段与该第二线圈的第二部位相邻；一第一电容器，以一第一电极连接至一第一节点，该第一节点导通于该第一片段对该第二线圈之间；以及一第二电容器，以一第二电极连接至一第二节点，该第二节点导通于该第二片段与该第二线圈之间。本文所揭示的变压器 / 巴伦解决耦合系数 k 与高共振频率无法兼顾的问题。此外， k 值与互感值 M 皆通过电容器 $C1$ 与 $C2$ 的变容器获得调整。



1. 一种变压器，包括：

一第一线圈，建构于一半导体基质上的一第一金属层，该第一线圈具有一第一片段以及一第二片段；

一第二线圈，建构于该第一金属层，该第一片段与该第二线圈的一第一部相邻，而该第二片段与该第二线圈的一第二部位相邻；

一第一电容器，以一第一电极连接至一第一节点，该第一节点导通于该第一片段对该第二线圈之间；以及

一第二电容器，以一第二电极连接至一第二节点，该第二节点导通于该第二片段与该第二线圈之间；

其中该第一片段与第二片段分别在该第二线圈的相对两侧围绕该第二线圈半圈；其中该第一片段与该第二片段两者其中一者与该第一金属层中的该第二线圈相连，而另一者则在该第一金属层以外的一第二金属层中与该第二线圈至少部分相连。

2. 如权利要求 1 所述的变压器，其中：

该第二线圈耦接于该变压器的一第一接口与一第二接口之间，

该第一电容器耦接于该第二线圈与该第一接口之间，以及

该第二电容器耦接于该第二线圈与该第二接口之间。

3. 如权利要求 2 所述的变压器，更包括一线圈，其将一第三节点连接至一第四节点，其中该第三节点位于该第一电容器与该第一接口之间，而该线圈位于该第二电容器与该第二接口之间。

4. 如权利要求 2 所述的变压器，其中：

该变压器具有一第三接口以及一第四接口，

该第一片段耦接于该第一节点与该第三接口之间，而

该第二片段耦接于该第二节点与该第四接口之间。

5. 如权利要求 1 所述的变压器，其中该第二线圈具有：

一第一中心分接头，其将该第二线圈接地，以及

一第二中心分接头，其将该第二节点连接至电源 VDD。

6. 一种变压器，包括：

第一、第二与第三电感器串联并建构于半导体基质上的一金属层中，该第一电感器与该第二电感器彼此存有互感，而该第二电感器与第三电感器彼此也存有互感；

一第一电容器，以一第一电极连接至一第一节点，该第一节点导通于该第一电感器与第二电感器之间；以及

一第二电容器，以一第二电极连接至一第二节点，该第二节点导通于该第二电容器与该第三电感器之间；

其中该变压器具有一第一接口、一第二接口、一第三接口，以及一第四接口，

该第一电感器耦接于该第一节点与该第三接口之间，

该第三电感器耦接于该第二节点与该第四接口之间，

该变压器更包括一第四电感器，其将一第三节点连接至一第四节点，

其中该第三节点位于该第一电容器与该第一接口之间，而该第四节点位于该第二电容器与该第二接口之间。

7. 如权利要求 6 所述的变压器，其中该第二电感器具有：

—第一中心分接头，其将该第二电感器接地，以及

—第二中心分接头，其将该第二节点连接至电源 VDD。

8. 一种变压器配置方法，包括：

于一半导体基质上的第一金属层中建构一第一线圈、一第二线圈以及一第三线圈，其中该第一线圈与该第二线圈的第一部位相邻，该第三线圈与该第二线圈的第二部位相邻；

建构一第一电容器，将其第一电极连接至一第一节点，该第一节点导通于该第一线圈与第二线圈之间；以及

建构一第二电容器，将其第二电极连接至一第二节点，该第二节点导通于该第二线圈以及该第三线圈之间，

其中建构该第一线圈、第二线圈以及第三线圈的步骤更包括：

建构该第一线圈，其大体相邻于该第二线圈的第一半圈；以及

建构该第三线圈，其大体相邻于该第二线圈的第二半圈，其中该第二部位与该第一部位相对；

其中第一片段与第二片段分别在该第二线圈的相对两侧围绕该第二线圈半圈；其中该第一片段与该第二片段两者其中一者与该第一金属层中的该第二线圈相连，而另一者则在该第一金属层以外的第二金属层中与该第二线圈至少部分相连。

具旁路电容器的变压器及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明大体涉及变压器及平衡至不平衡（巴伦）装置，特别涉及单芯片对称型变压器及巴伦装置。

背景技术

[0002] 变压器，是一种能够通过电感耦合的传导器（即变压器的线圈）而将电能传递于电路间的装置。第一线圈或初级线圈中变化的电流会在次级线圈上产生变化的磁场。变化的磁场在第二线圈中感应出一变化的电动势 (electromotive force, EMF)，或称“电压”。此效应称为互感。若一负载连接至该次级线圈，则电流会流通于该次级线圈，而电能即可通过此变压器而由初级线圈传送至负载。

[0003] 巴伦 (balun) 也是一种变压器，其用将相对接地端平衡的电子信号（差动信号）转换成相对接地端不平衡的信号（单端信号），也可作反向的转换。将变压器的一接口接地即可得到该巴伦。巴伦同样常作为阻抗匹配之用。

[0004] 无线通信常使用前述变压器与巴伦。举例而言，变压器与巴伦可用于无线通信装置中的收发器。传统的共平面交错式 (coplanar interleaved) 变压器具有初级线圈及次级线圈，其交错于相同的集成电路层中。初级与次级线圈由平面型的金属条所构成，而线圈的匝数决定了线圈上的电压比。

[0005] 传统的共平面变压器缩减了体积也降低了电阻值，但却造就低的品质因子 (Q)。在微波电路应用中（例如在频率范围 30GHz–300GHz 之间），单匝变压器表现出较低的 k 值（耦合系数）。

[0006] 此外，变压器在先进技术（例如 90 纳米、65 纳米或更小尺寸）的电路节点上，相对于在大尺寸技术的电路上节点而言具有较低的共振频率 Fsr。

[0007] 因此必须对此类变压器进行改善。

发明内容

[0008] 为克服上述现有技术的缺陷，本发明提供一种电子装置，其包括：一第一线圈，建构于一半导体基质上的一第一金属层，该第一线圈具有一第一片段以及一第二片段；一第二线圈，建构于该第一金属层，该第一片段与该第二线圈的第一部位相邻，而该第二片段与该第二线圈的第二部位相邻；一第一电容器，以一第一电极连接至一第一节点，该第一节点导通于该第一片段对该第二线圈之间；以及一第二电容器，以一第二电极连接至一第二节点，该第二节点导通于该第二片段与该第二线圈之间。

[0009] 本发明另提供一种电子装置，其包括：第一、第二与第三电感器串联并建构于半导体基质上的一金属层中，该第一电感器与该第二电感器彼此存有互感，而该第二电感器与第三电感器彼此也存有互感；一第一电容器，以一第一电极连接至一第一节点，该第一节点导通于该第一电感器与第二电感器之间；以及一第二电容器，以一第二电极连接至一第二节点，该第二节点导通于该第二电感器与该第三电感器之间。

[0010] 本发明另提供一种方法，其包括：于一半导体基质上的第一金属层中建构一第一线圈、一第二线圈以及一第三线圈，其中该第一线圈与该第二线圈的第一部位相邻，该第三线圈与该第二线圈的第二部位相邻；建构一第一电容器，将其第一电极连接至该第一节点，该第一节点导通于该第一线圈与第二线圈之间；以及建构一第二电容器，将其第二电极连接至该第二节点，该第二节点导通于该第二线圈以及该第三线圈之间。

[0011] 本文所揭示的变压器/巴伦解决耦合系数k与高共振频率无法兼顾的问题。此外，k值与互感值M皆通过电容器C1与C2的变容器获得调整。

附图说明

- [0012] 图1A 本发明一实施例的变压器等角视图，其大致呈矩形。
- [0013] 图1B 为本发明一变压器的平面图，其大致呈八角形。
- [0014] 图1C 为本发明一实施例的变压器的俯视图。
- [0015] 图1D 为图1C的变压器整仰视图。
- [0016] 图2 为图1A 变压器的剖面图，其中该变压器包括MIM或MOM电容器。
- [0017] 图3 为图1A 变压器的剖面图包括金属氧化物半导体电容器，
- [0018] 图4 为图1A 变压器的等角视图。
- [0019] 图5 为图4 变压器的另一形示意图。
- [0020] 图6 为收发器的示意图，其中该收发器包括图1A 的变压器。
- [0021] 图7 为接收器的示意图，其中该接收器包括图1A 的变压器。
- [0022] 图8 为一压控振荡器(VCO) 的示意图，其中该压控制荡器包括图1A 的变压器。
- [0023] 图9 为制造MOS电容器的方法流程图。
- [0024] 图10 为制造MIM/MOM电容器的方法流程图。
- [0025] 其中，附图标记说明如下：
- [0026] 100～变压器；
- [0027] 200～变压器；
- [0028] 102～半导体基质；
- [0029] 104～金属间介电层；
- [0030] L1～线圈；
- [0031] L2～次级线圈；
- [0032] L3～线圈；
- [0033] P1～接口；
- [0034] P2～接口；
- [0035] P3～接口；
- [0036] P4～接口；
- [0037] B1～金属桥；
- [0038] B2～金属桥；
- [0039] C1～电容器；
- [0040] C2～电容器；
- [0041] CT1～中心分接头；

- [0042] CO ~接点；
- [0043] M_N ~金属层；
- [0044] V1-VT ~通孔；
- [0045] N1 ~ N4 ~节点；
- [0046] M ~互感。

具体实施方式

[0047] 下文为介绍本发明的最佳实施例。各实施例用以说明本发明的原理，但非用以限制本发明。本发明的范围当以随附的权利要求为准。

[0048] 图 1A 为一电子装置的等角视图，该电子装置为用于一集成电路 (IC) 的变压器或巴伦 (balun) 100。变压器 / 巴伦 100 是共平面对称型变压器 100，其中线圈 L1、L2 及 L3 是排列于单层，且匝数比为 1 : 1。变压器 / 巴伦 100 可与 IC 设计整合，无须改变作业流程（例如 CMOS 工艺），也不必增加额外的光掩模。

[0049] 如图 1A 所示，变压器 100 包括一初级线圈 L13 以及一次级线圈 L2，皆位于相同金属层上。下文的金属层皆称为“第一金属层”。必须注意到，在本文中，任何称为“第一金属层”者皆指线圈 L1、L2 及 L3 所在的层位，并非专指 M1 金属层。相似地，任何称为“第二金属层”者，也非专指 M2 金属层，指线圈 L1、L2 及 L3 所在层位以外的其中一金属层。

[0050] 初级线圈 L13 包括一第一线圈片段 L1 以及第二线圈片段 L3。第一线圈片段 L1 与第二线圈 L2 的一第一部位相邻。第二线圈片段 L3 则与第二线圈 L2 的一第二部位相邻。

[0051] 第一线圈 L13 的第一片段 L1 与第二片段 L3，两者其中一者与该第一金属层中的第二线圈 L2 导通，而另一者则与在第二金属层（非第一金属层）中与次级线圈 L2 部分导通。举例而言，在图 1A 中，片段 L1 通过建构于不同金属层的金属桥 B2 以及连接通孔（未示于图 1A 中）而连接至该第二线圈 L2。片段 L3 则通过建构于相同金属层的金属桥 B1 连接至第二线圈 L2，形成了初级线圈 L13 及次级线圈 L2。在其他实施例中，金属桥 B2 也可建构于相同层位（并作为线圈 L13 与 L2），而 B1 则建构于不同的层位，不必以前述实施例为限。

[0052] 在匝数比为 1 : 1 的单匝装置 100 中，次级线圈 L2 只有单一片段，并位于与片段 L1 及 L3（即初级线圈 L13）相同的金属层。在某些实施例中，第二线圈 L2 可在其中另外增设一中心分接头 CT1。

[0053] 第一 L1 与第二 L3 线圈片段分别在与第二线圈 L2 的相对的两侧，并围绕第二线圈 L2 约莫半圈。第一片段 L1 与第二片段 L2 重叠的长度略小于第二片段 L2 长度的 0.5 倍，目的在使接口 P3 与接口 P4 之间、接口 P1 与接口 P2 之间保留一距离。相似的，第二片段 L3 与第二片段 L2 重叠的长度同样略小于第二片段 L2 的长度的 0.5 倍。在某些实施例中，线圈 L2 的尺寸较线圈 L1 与 L3 两者的总合略小。举例而言，基于各匝间的距离，上述比例 L2/(L1+L3) 约介于 75% 与 95% 之间。线圈 L1 的尺寸则可与 L3 相同或不同。在某些实施例中，线圈 L1 会因为电容器 C1 与 C2 的关系而与线圈 L3 有不同的尺寸。

[0054] 虽然图 1A 的线圈 L13 与 L2 具有相同的形状，但线圈其实可以具有多种形状。举例而言，图 1B 展示了不同的拓扑，其中线圈 L13 与 L2 为八边形。在图 1A 与图 1B 中的元件中具有相同标号者皆具有相同的功能（尽管效能可能有所不同）。在某些实施例中，线圈 L13 为初级线圈，而线圈 L2 则为次级线圈。在其他实施例中，线圈 L13 次级线圈，而线圈 L2

初级线圈。

[0055] 图 4 为图 1A、图 1B 或图 1C 的变压器 / 巴伦 100 的电路示意图。电子装置包括串联的第一 (L1)、第二 (L2) 以及第三 (L3) 电感器，其皆建构于一金属层上或建构于一半导体基质上（如在图 2 所示）。第一电感器 L1 与第二电感器 L2 彼此皆具有互感，标示为 M。第二电感器 L2 与第三电感器 L3 彼此间也具有互感，也标也为 M。互感 M 可通过 C1 或 C2 达成，因为 (k/M) 的比值对具有固定电感值的电感器 L13 及 L2 而言是一固定值。第一电容器 C1 以第一电极连接至一第一节点 N1。第一节点是导通于第一电感器 L1 对第二电感器 L2 电感器之间。第二电容器 C2 以第二电极连接至一第二节点 N2。第二节点 N2 则导通于第二 L2 电感器与第三电感器 L3 之间。

[0056] 第二线圈 L2 耦接于一装置 100 的第一接口 P1 与第二接口 P2。第一电容器 C1 耦接于第二线圈 L2 与第一接口 P1 之间。第二电容器 C2 耦接于第二线圈 L2 与第二接口 P2 之间。装置 100 具有一第三接口 P3 以及一第四接口 P4。第一线圈片段（线圈）L1 耦接于第一节点 N1 与第三接口 P3 之间。第二线圈片段 L3 耦接于第二节点 N2 与第四接口 P4 之间。

[0057] 线圈 L2 既包含于变压器的第一线圈中，也包含于变压器的第二线圈中。此外，第一线圈 L13 与第二线圈 L2 间具有互感。相对于仅采用互耦的方式而言，如此配置可使 RF 信号直接借由实际的金属连接而从第一线圈 P1-L2-P2 流通至第二线圈 P3-L1-L2-L3-P4。因此，各接口间皆具有 RF 通道。通过使用相对大的电容器，此配置可产生电容性耦合以作为直接阻断 (DC blocking) 之用。

[0058] 图 1C 与图 1D 表示另一实施例的变压器 150，其具有三匝线圈。虽然变压器 150 的布局与图 1A 的有所不同，但其仍可以相同的图 4 表示（已描述于前文），而相对应的元件也标以相同的参考符号。在图 1C 与图 1D 中，第一线圈的第一片段 L1 与第二片段 L3 各约 0.75 匝（270 度），而第二线圈 L2 则为 1.5 匝（540 度）。因此，片段 L1 大约有 0.5 匝在外匝，而有大约 0.25 匝在中匝。相似地，片段 L3 大约有 0.5 匝在外匝，而有 0.25 匝在中匝。线圈 L2 包括所有的内匝及大约 0.5 匝的中匝。以图 1D 的最佳角度来看，第一与第二金属层中的另外两个片段 B3 与 B4 分别用以导通第二线圈 L2 在中匝的部位以及其在外匝的部位。额外的通孔 V 则用以连接片段 B4 至片段 L2 在中匝及内匝的部位。本领域普通技术人员可依据下述图 4 及图 5 的说明自行设计具有任何匝数（例如四匝、六匝或八匝）的电路布局。

[0059] 图 5 为图 4 变压器的变形，其中第四线圈 L4 将第三节点 N3 连接至第四节点 N4。第三节点 N3 位于第一电容器 C1 与第一接口 P1 之间，而第四节点 N4 位于第二电容器 C2 与第二接口 P2。第四线圈 L4 之间，第三节点 N3 与第四节点 N4 可被选择性的加入，用以在第一线圈中的接口 P1 与 P2 间提供一直流路径，使得第二线圈中仅有交流电通过。

[0060] 在其他实施例中，其他的电感器可选择性地加入（图未示）于接口 P1 与 P2 之间，以及接口 P3 与 P4 之间以提供直流路径。

[0061] 在某些实施例中，片段 L1 与片段 L3 相似，皆只有外匝的约莫一半，而片段 L2 则为内匝的电感器。举例而言，以图 1A 的配置为例，在 60GHz 的应用中，片段 L1+L2+L3 的电感值约在 80nH ~ 100nH 之间。在其他实施例中（若设计为使用于不同频率），片段 L1、L2 及 L3 会因为电路布局形态不同而有所不同。C1 与 C2 的电容值可依其为变容器 /MIM 电容 /

MOM 电容而定。片段 L4 的电感值在 60GHz 时约介于 80pH ~ 100pH 之间。举例而言，在一实施例中， $L_1 = L_3 = 35\text{pH}$, $L_2 = 28\text{pH}$, $L_4 = 80\text{pH}$, 而 $C_1 = C_2 = 2\text{pF}$ 。在其他实施例中，电感器与电容器可具有其他更大或更小的电感值或电容值。

[0062] 另外，为了在更低频率下操作（例如，17GHz），电感值及电容值可分别为： $L_1 = L_3 = 115\text{pH}$, $L_2 = 97\text{pH}$, $C_1 = C_2 > 1\text{pF}$, 而 $L_4 = 97\text{pH}$ 。具有上述元件的变压器可以用来替代压控振荡器，例如 Alan W. Ng 等于 2006 IEEE 国际固态电子电路大会 (International Solid-State Circuits Conference) 所提出的论文“1V 17GHz 5Mw Quadrature CMOS VCO based on Transformer Coupling”中所描述的变压器，而该论文全文即可作为本申请的参考资料。

[0063] 在某些实施例中，变压器 100 可借由改变线圈长度或各匝间的距离而调整成具有多种电感值。通过改变 C_1/C_2 的值，变压器的输入 / 输出阻抗、电感值及 K 值变压器皆可改变。

[0064] 虽然上述实施例包括两个电容器 C_1 与 C_2 ，但在其他实施例中仅包括两电容器其中一者，而另一电容器则被省略。

[0065] 图 2 为变压器 / 巴伦 100 的剖面图。参照图 2，变压器 / 巴伦 100 的线圈 L_1 、 L_2 及 L_{3of} 是建构于半导体基质 102 上的金属层。举例而言，基质 102 可具有多个后段工艺 (back-end-of-line, BEOL) 互连电路，包括金属间介电层 (inter-metal-dielectric, IMD) 材质 104，数个金属层 M1-MT 以及通孔 V1-VT。在某些实施例中，变压器线圈 L_1 、 L_2 及 L_3 建构于互连结构的金属层 M5 或金属层 M6 之上。在其他实施例中，线圈 L_1 、 L_2 及 L_3 也可建构于其他金属层。

[0066] 在图 2 的实施例中，电容器 C_2 与 C_1 （如图 4 所示）可为金属 - 绝缘体 - 金属 (metal-insulator-metal, MIM) 电容器或金属 - 氧化物 - 金属 (metal-oxide-metal, MOM) 电容器。

[0067] MIM 电容器建构于两个 I 金属层之间，具有较厚且介电常数较高的绝缘层（例如，氮化硅层）。MIM 电容器可提供更精确的电容值。MOM 电容器可采用氧化硅层作为其介电层，并具有较薄的绝缘层。MOM 电容器可在达到相同电容值的情况下占用较少的空间。本领域普通技术人员可轻易地选择适当的 MIM 或 MOM 电容器而设计出所需要的变压器。

[0068] 图 2 描述了电容器 C_2 ，其上方电极建构于金属层 M_N ，并通过 V_N 层的通孔连接至（第一线圈 L_{13} 的）第二片段 L_3 以及第二线圈 L_2 。相似地，电容器 C_2 的下方电极位于金属层 M_N ，并通过 V_N 层的通孔连接至接口 P2。

[0069] 在图 3 的实施例中，电容器 C_2 与 C_1 （如第 4 所示）为金属氧化物半导体电容器或变容器。因此，电容器电介质 D 位于栅极绝缘层，而电容器的上方电极 ET 位于电极电极层。多个接点 CO 将电容器 C_1 与 C_2 连接至互连层 MT-MT 的金属线路上。另外，可调式电容器 C_1 及 C_2 可由薄氧化层 (OD)、多晶硅层及接点所构成。电容器与接口 P1 及 P2 之间在 BEOL 层上既有连接，其导通状况是依据 BEOL 线及通孔与其他电路装置的路径所决定的。

[0070] 由于图 3 中的电容器 C_1 与 C_2 为变容器，所以其空乏区的厚薄依据所施加的偏压而定，因而改变其电容值。通过改变 C_1 与 C_2 的电容值也可改变耦合系数 k 以及 self-reflectance S11。

[0071] 图 3 为电容器 C_2 示意图，其中电容器 C_2 以其多晶硅层中的上方电极 ET 通过 V_N 层

中的通孔连接至（第一线圈 L13 的）第二片段 L3 以及第二线圈 L2。电容器 C2 的下方电极建构于 N 阵，并通过接点 C0、金属层中传导路径，以及通孔层的传导通孔连接至接口 P2。虽然图 3 示出两个 only 金属层 M_N-T 及 M_N ，但互连电路中可具有任何数目的金属层。

[0072] 以 SPICE 对图 1A 的电路中的变压器（电容器 C1 与 C2 具有不同电容值，范围在 0.5 ~ 0.25 微微法拉）以及不具有电容器 C1 及 C2 的变压器进行模拟。当不具有电容器 C1 与 C2 时，耦合系数 k 范围大约落在 0.4 至 0.6（视频率大小而定）。当具有去耦合的电容器 C1 与 C2 时，若频率范围到达 80GHz，耦合系数至少在 0.78 以上，而在某些频率可达到 1.0。Q 值也因此获得改善。大体而言，本发明可以较小的电容值达到较高的 k 值。无须增加变压器的面积即可将 k 值大约提升 0.4。同时，线圈 L1、L2 对 L3 的实际阻抗仍保持不变，使得装置的能量损失在调整电容值时仍能维持一致。

[0073] 虽然图 2 的实施例中电容器 C1 与 C2 全为 MIM 或 MOM 电容器，而图 3 的实施例中电容器皆为 MOS 电容器，但是在其他实施例中电容器可为变容器与 MIM 或 MOM 电容器的组合。举例而言，电容器 C1 与 C2 的任一者可包括一变容器以及与该变容器并联的 MIM 或 MOM 电容器，以使其电容值具有固定的部分以及变动的部分。这样的作法将使电容值能精确调整的能力。

[0074] 图 1A、图 1B 以及图 4 中的任何变压器皆可由图 2 中的 MIM 或 MOM 电容器，配合图 3 中的 MOScap 变容器所组成。

[0075] 虽然图 2 及图 3 所示的电容器 C1 与 C2 位于线圈 L1、L2 与 L3 的正下方，但是其实际位置是以可配合其他装置或 IC 的绕线方式而改变的。然而，电容器 C1 与 C2 也可为表面组装器件 (surface mounted device, SMD) 的电容器，或者通过封装方法制成的电容器（例如，将电容器通过硅穿孔 (through-silicon via, TSV) 工艺建构或安装于封装基质之上）。在某些例子中，TSV 是一种取代线图连接的封装方法。然而，由于 TSV 基质装设了具有金属层的微凸块 (micro-bumps)，而其金属层中又具有去耦合的电容器，因此该 TSV 基质也有电容器的功能。

[0076] 图 9 为使用 MOS 电容器而建构该变压器 100 的方法流程图。由于本领域普通技术人员已能了解基本的 CMOS 工艺，故本文不再赘述其基本步骤。

[0077] 首先，建构 IC 的方法包括建构主动元件（晶体管、二极管）。在步骤 900 中，将栅极绝缘层沉积于该基质之上。

[0078] 在步骤 902 中，在建构栅极绝缘层的同一时间，将第一电容器与与第二电容器 C1 及 C2 的介电层建构出来。

[0079] 在步骤 904 中沉积该栅极多晶硅层。

[0080] 在步骤 906 中，在沉积该栅极多晶硅层的同一时间，将电容器的上方电极建构出来。

[0081] 接着在步骤 908 中，建构接点 C0。

[0082] 在步骤 910 中建构互连结构。接点 C0 与线圈 L13 及 L2 间的连结通过各个互连层 M1-MT 与 V1-VT 中的导线及通孔而达成。第一电容器 C1 的上方电极因而连接至该第一节点 N1，而该第一节点 N1 能够在该第一片段 L1 与该第二线圈 L2 间导通。相似地，第二电容器 C2 的上方电极因而连接至该第二节点 N2，而该第二节点 N2 能够在第二片段 L3 与第二线圈 L2 之间导通。

[0083] 在步骤 912 中,当建构该互连层时,用以连接第一线圈 L13 与第二线圈 L2 的桥接结构也被建构出来。该第一线圈 L1 与该第三线圈 L3 其中之一连接至第二金属层(非线圈 L1、L2 及 L3 所在的第一金属层)中的第二线圈 L2。上述连结可由第一层下的金属层及通孔层通过。因此,至少一导线 B2 建构于基质 102 与第一金属层(包括线圈 L1、L2 及 L3)两者间的至少一第二金属层 M_N 上。之后,在至少一通孔层 V_N 上建构多个导通孔以将桥接电路 B2 连接至第二线圈 L2 以及线圈 L1 与 L3 两者之一。其中,至少一通孔会连接该第二线圈 L2 及至少一导线,而至少一通孔会将线圈 L1 与 L3 两者之一连接至至少一导线。

[0084] 在步骤 914 中,线圈 L1、L2 及 L3 建构于第一金属层上,具有连接至桥接电路 B2 的通孔,并从节点 N1 与 N2 连接至电容器。

[0085] 图 10 为使用 MIM 电容器或 MOM 电容器的方法流程图。在步骤 1000 中将处理前端工艺 front-end-of-line, FEOL), 包括建构主动元件层以及第一 IMD 层。

[0086] 在步骤 1002 中将建构互连结构,包括金属层中的导线以及通孔层中的导通插头。

[0087] 在步骤 1004 中,当在处理互连结构的同时,互连结构(例如 M5 与 M6 层)中的电容器 C1 及 C2 也被建构出来。

[0088] 在步骤 1006 中,当在处理互连结构的同时,电容器与线圈 L13 及 L2 间的连结也通过各个互连层 M1-MT 及 V1-VT 中的导线及通孔建构出来。用以连接第二金属层中 L1 与 L2 的桥接电路也被建构。

[0089] 在步骤 1008 中,建构电感器 L1、L2 及 L3 于第一金属层中。

[0090] 图 6、图 7 及图 8 包括各种电路实施(并非用以限制本发明),其中所描述的变压器 / 巴伦 100 可被置换。图 6 为收发器 300 的方框图,该收发器包括图 1A 的变压器,其可作为匹配网路 100a 或巴伦装置(100b-100d)使用,目的在将差动信号转换为单端信号。在图 6 中,变压器 100 可用以替代 Yoichi Kawano 等人在 2009 国际固态电子电路大会所提出的论文“*A 77GHz Transceiver in 90M_N CMOS*”中收发器内部的变压器。上述论文也纳入本发明而作为揭示的部分。

[0091] 图 7 为接收器 400 的示意图,其中部分元件被图 1A 的变压器所置换。在接收器 400 中,第二线圈 L2 具有:一第一中心分接头,其将该第二线圈接地,以及一第二中心分接头,其将该第二节点连接至电源 VDD。对 RF 信号而言,电源 VDD 也可视为交流接地端。因此,接口 P3 与 P4 作为直流回路部分;而接口 P1 与 P2 仅供 RF 信号使用。接收器 400 的其他元件也描述于 Daquan Huang 等人在 IEEE2006 「2006VLSI 电路摘要技术论文研讨会(2006Symposium on VLSI Circuits Digest of Technical Papers)」所提的论文“*A60GHz CMOS Differential Receiver Front-End Using On-Chip transformer for 1.2 Volt Operation with Enhanced Gainand Linearity*”。上述论文也纳入本发明而作为揭示的部分。

[0092] 图 8 为压控振荡器(VCO)500 示意图,其中部分元件被图 1A 的变压器所替代。在图 8 中,变压器输入 P1 及 P2 提供了分压器输出,而接口 P3 与 P4 则连接至振荡器输入。如同图 7 的实施例具有两个中心分接头。其中一个中心分接头连接至 1.0V 参考电位,并连接至接口 P3 与 P4,可提供直流电流以驱动电路。另一中心分接头将接口 P1 与 P2 接地。压控振荡器 VC0500 的其他元件也描述于 Takahiro Nakamura 等人在 IEEE2009 所提出的论文“*A20-GHz 1-V VCO with Dual-Transformer Configuration and a Pseudo-Static Divider*

on Self-Stabilized Concept”之中。上述论文也纳入本发明而作为揭示的部分。

[0093] 本领域技术人员可了解到，上述实施例仅为示意，本发明的变压器可具有其他各种不同的应用。

[0094] 在某些实施例中，一电子装置包括一第一线圈，建构于一半导体基质上的一第一金属层，该第一线圈具有一第一片段以及一第二片段。一第二线圈建构于该第一金属层中，该第一片段与该第二线圈的第一部位相邻，而该第二片段与该第二线圈的第二部位相邻。一第一电容器是以一第一电极连接至一第一节点，该第一节点是导通于该第一片段对该第二线圈之间。一第二电容器是以一第二电极连接至一第二节点，该第二节点是导通于该第二片段与该第二线圈之间。

[0095] 在某些实施例中，一电子装置包括串联的第一、第二以及第三电感器，其建构于半导体基质上的一金属层中。该第一电感器与第二电感器彼此互感，而该第二电感器与第三电感器彼此互感。第一电容器以一第一电极连接至一第一节点。第一节点导通于该第一电感器与该第二电感器之间。第二电容器以一第二电极连接至一第二节点。该第二节点导通于该第二电感器与第三电感器之间。

[0096] 在某些实施例中，一种方法包括在一半导体基质上的第一金属层中建构一第一线圈、一第二线圈以及一第三线圈。该第一线圈与该第二线圈的第一部位相邻，该第三线圈与该第二线圈的第二部位相邻；本方法建构一第一电容器，其以一第一电极连接至一第一节点，而该第一节点导通于该第一线圈与第二线圈之间。本方法建构一第二电容器，其以一第二电极连接至一第二节点，而该第二节点导通于该第二线圈以及该第三线圈之间。

[0097] 本文所揭示的变压器 / 巴伦解决耦合系数 k 与高共振频率无法兼顾的问题。本发明可同时达到高 k 值与高 Fsr，就算在先进技术节点（有较小的尺寸，例如如毫米波）上也是如此。

[0098] 此外，k 值与互感值 M 皆通过电容器 C1 与 C2 的变容器获得调整。借由调整电容值，反射率参数 S 也可获得调整。因此，本发明的变压器可应用于压控振荡器 VCO 或作为阻抗匹配之用。本发明的变压器在调整互感值方面可应用于高频中。本发明的变压器可有效地应用于收发器中，并与天线整合。此外，本发明的变压器可用作阻抗匹配，或作为一带通滤波器。

[0099] 本文整合变压器的电路，其作为巴伦（一接口接地）之用时不需要其他的 ESD 保护电路。由于电感器连接至接地端，故 ESD 即为该接地端。

[0100] 虽然上述实施例中，初级线圈 L13 具有单匝，而次级线圈 L2 也具有单匝，但在其他实施例中，第一金属层中的初级或次级线圈可具有一个以上的匝数，并在第一线圈或第二线圈的片段间可通过第二金属层（或其他金属层）的通孔或线路而桥接。

[0101] 本发明虽以优选实施例揭示如上，然而其并非用以限定本发明的范围，任何本领域普通技术人员，在不脱离本发明的精神和范围内，当可做些许的更动与润饰，因此本发明的保护范围当视随附的权利要求所界定的范围为准。

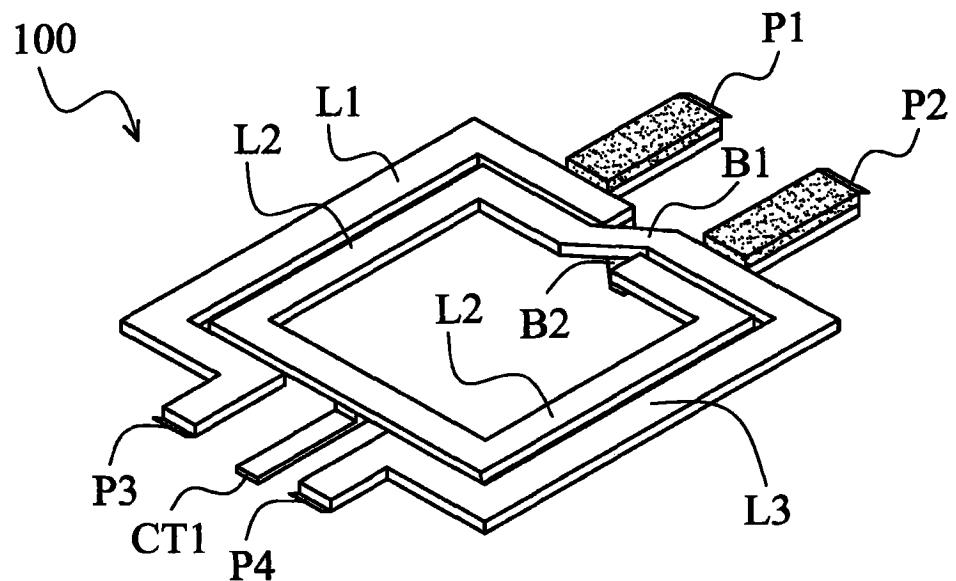


图 1A

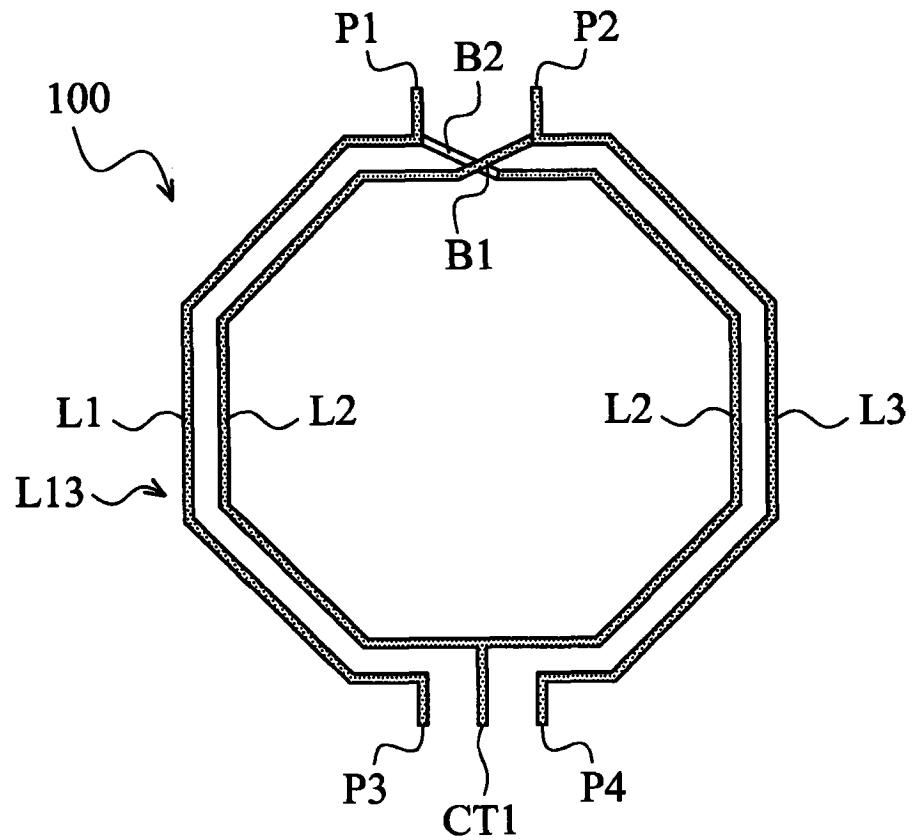


图 1B

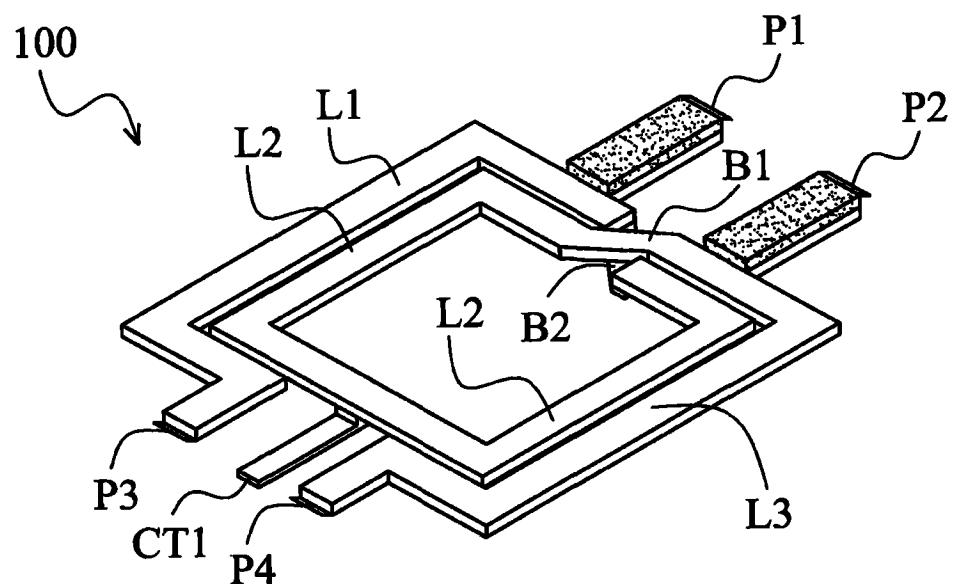


图 1C

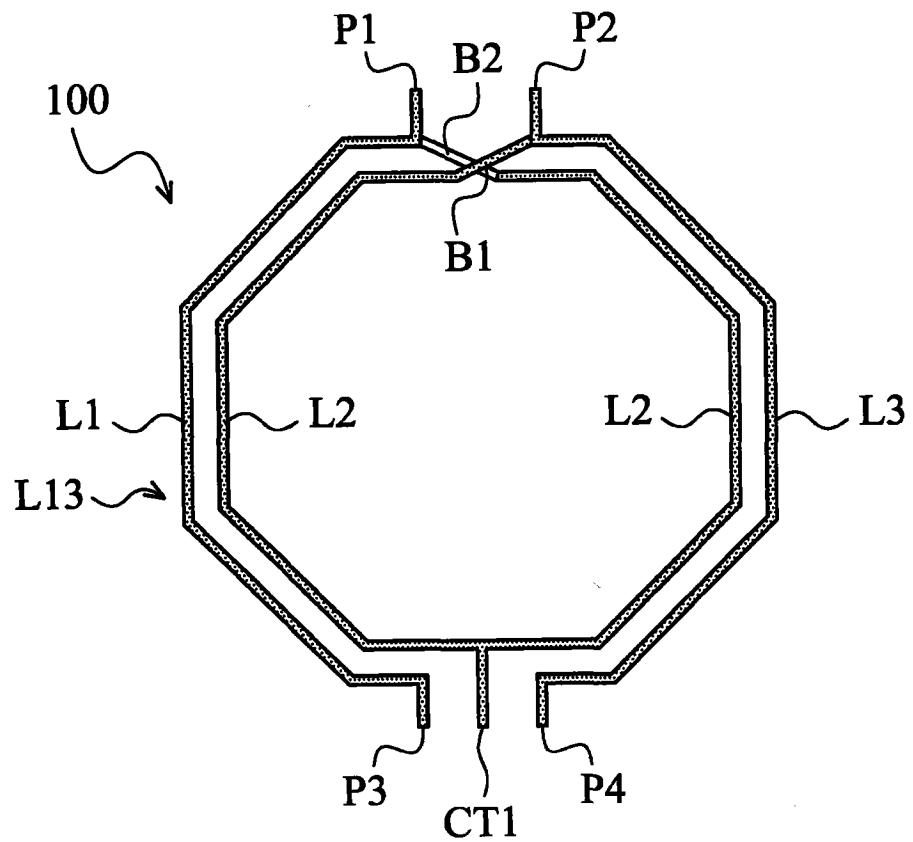


图 1D

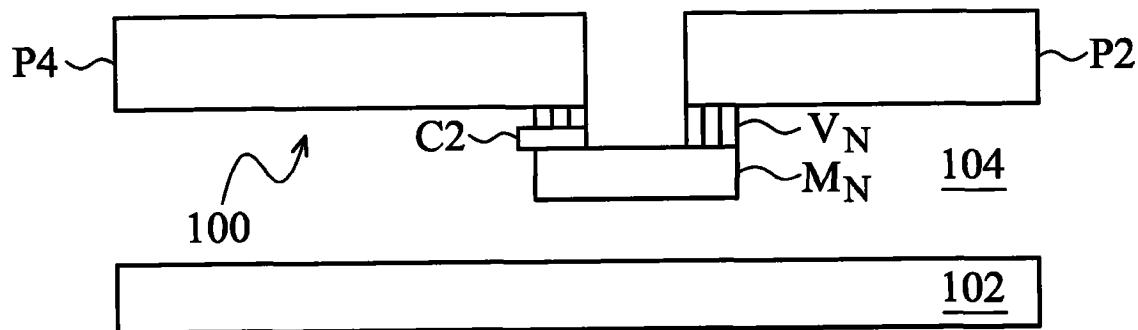


图 2

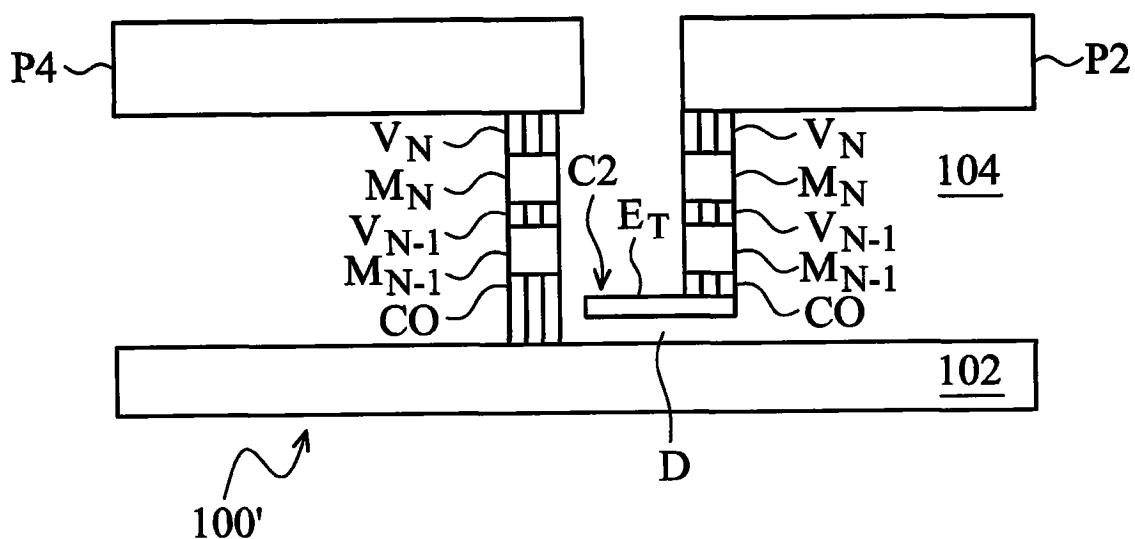


图 3

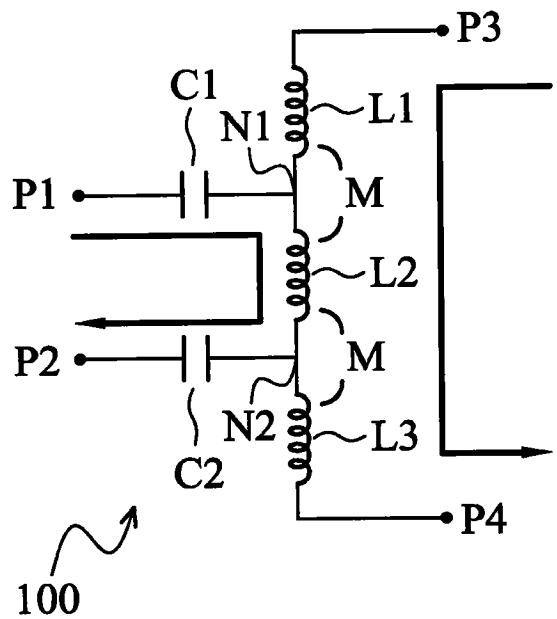


图 4

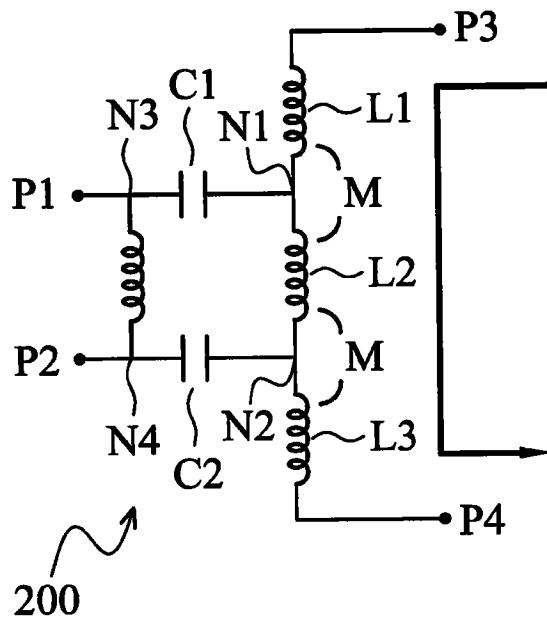


图 5

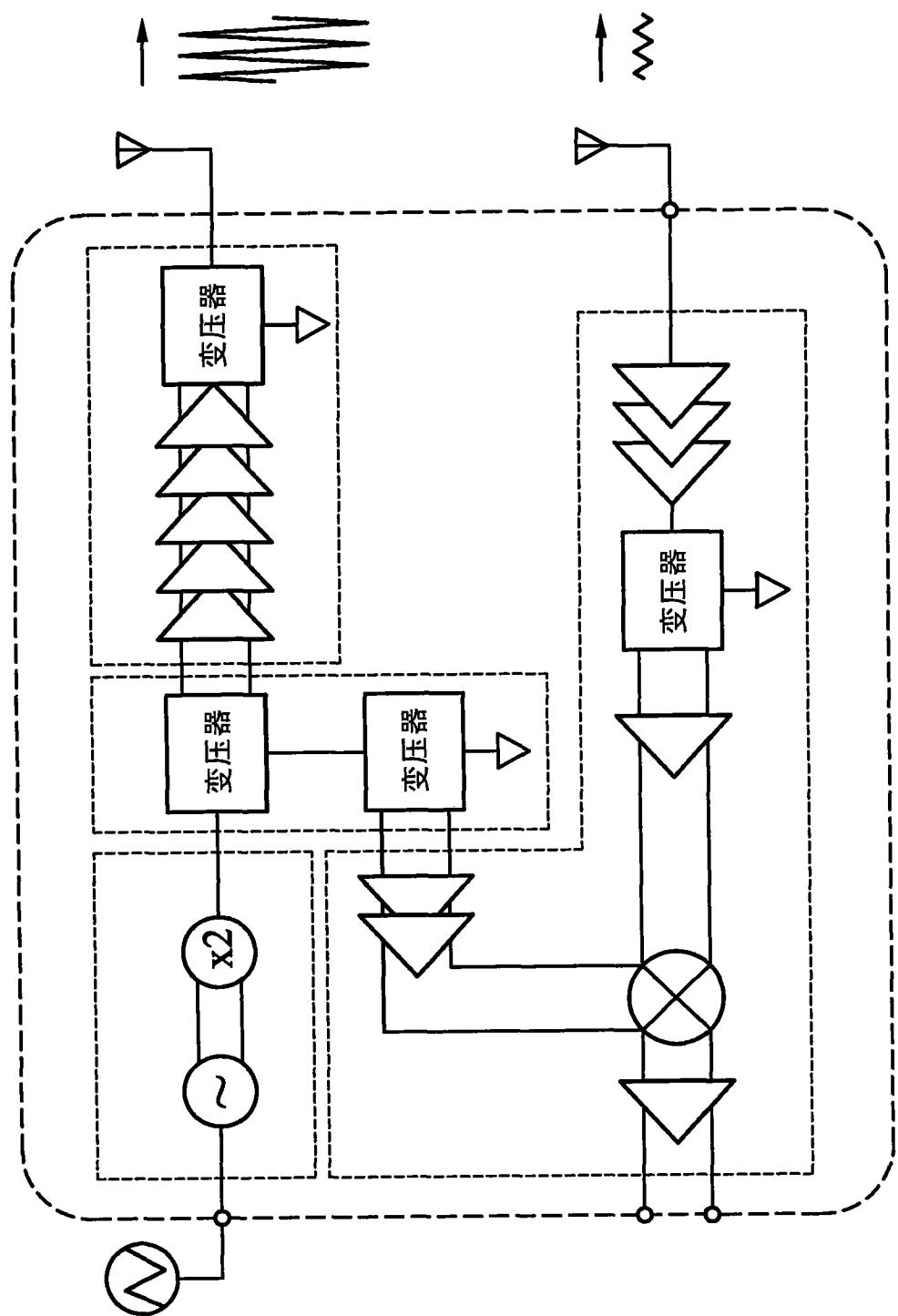


图 6

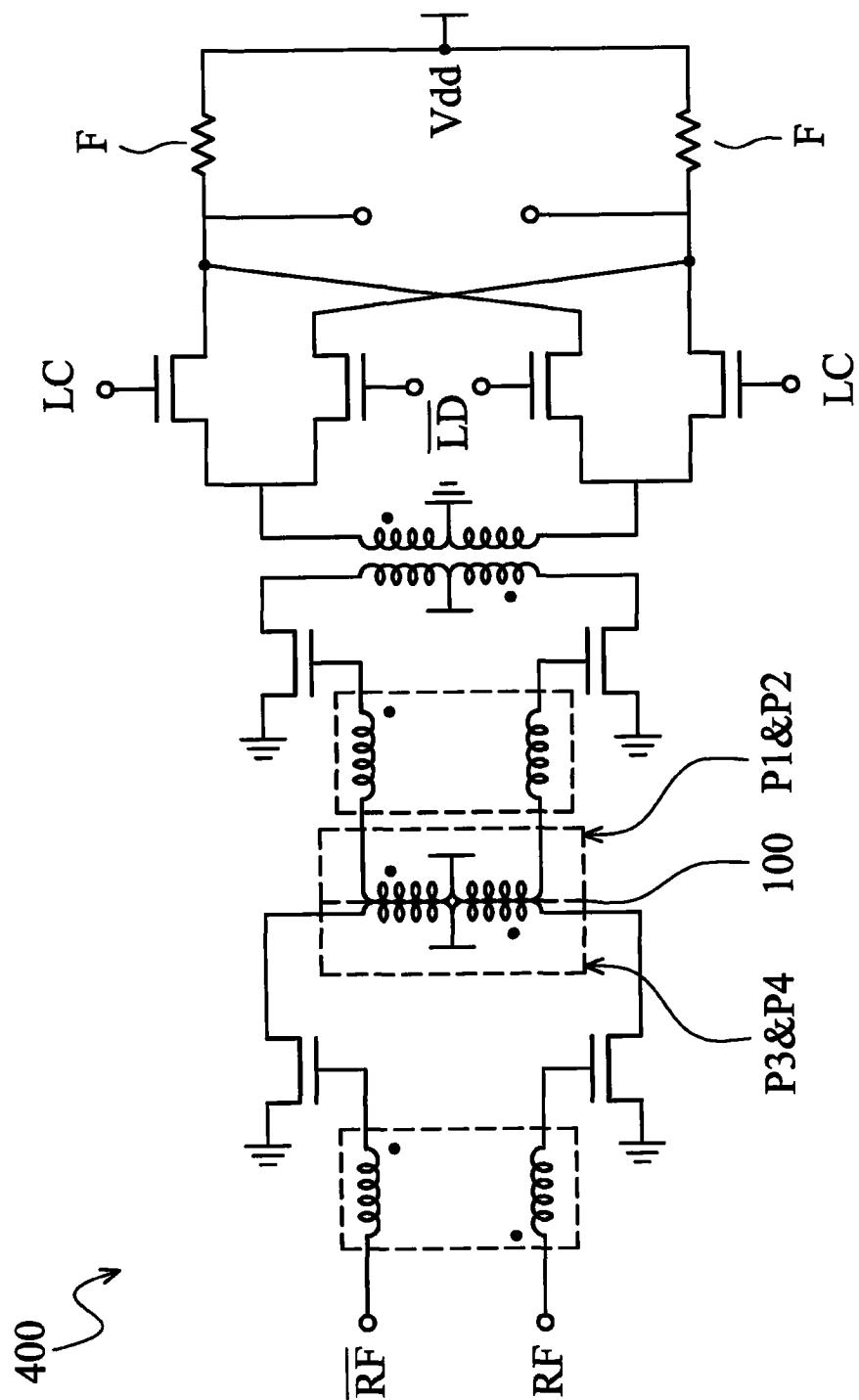


图 7

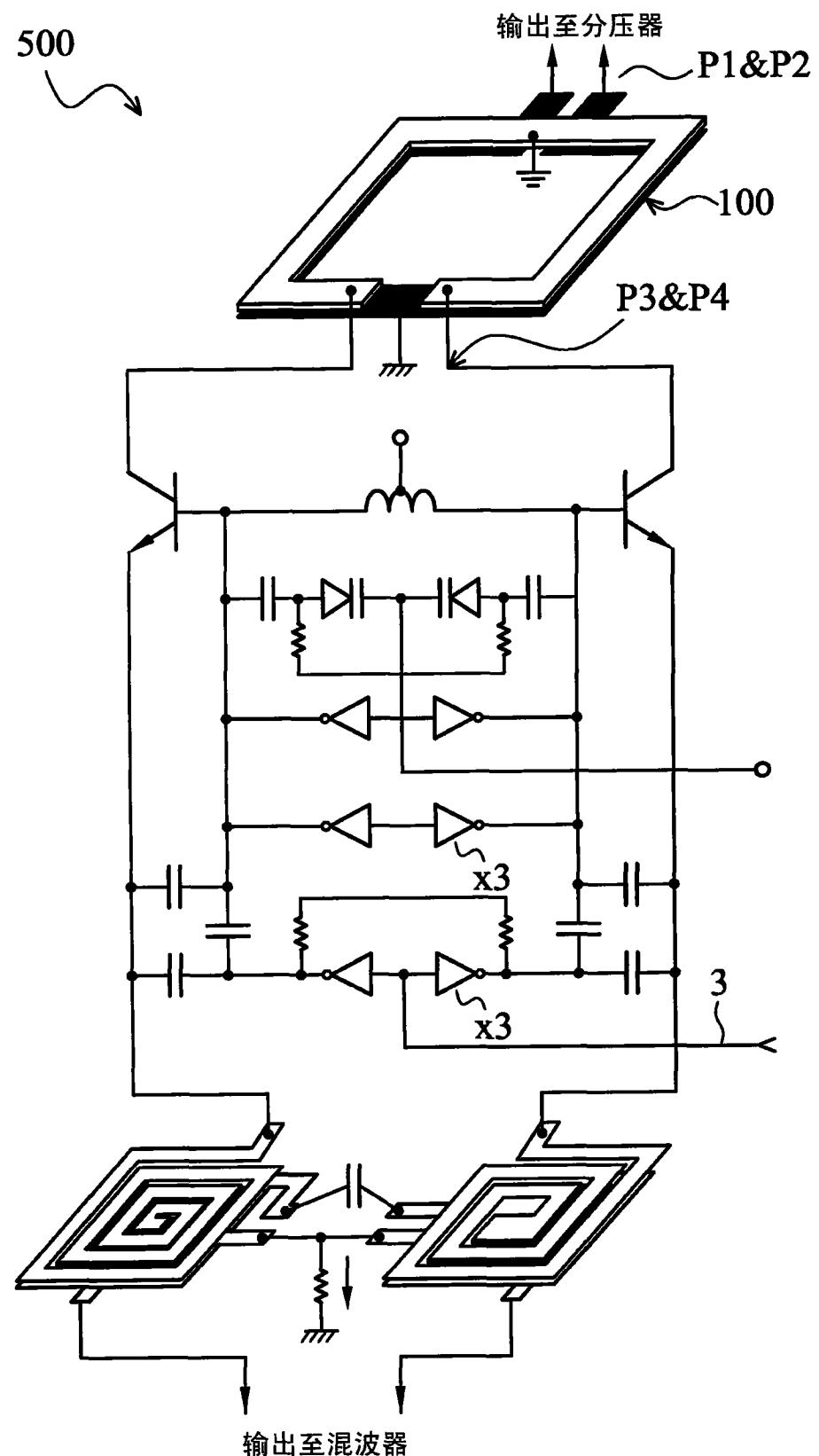


图 8

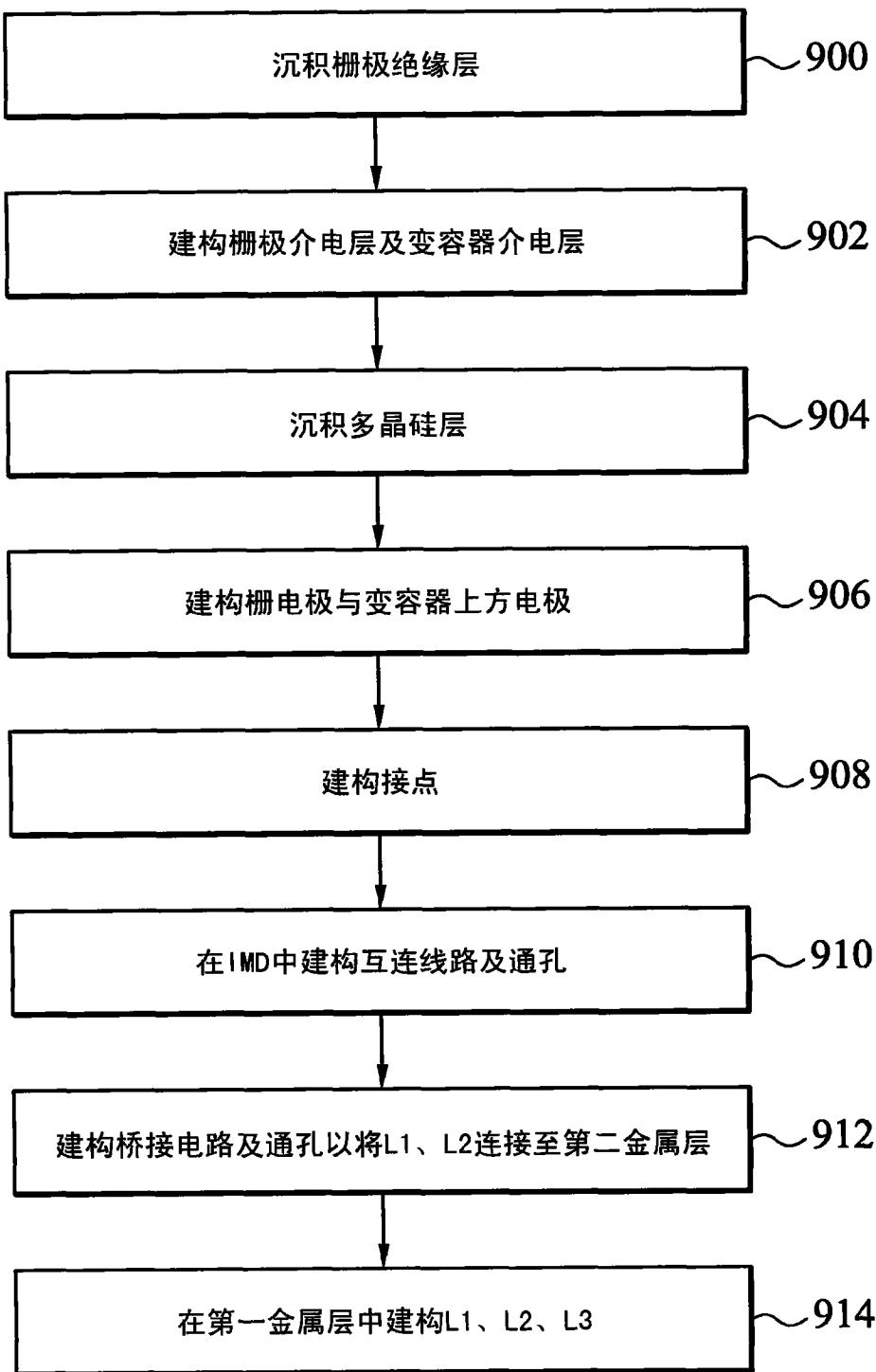


图 9

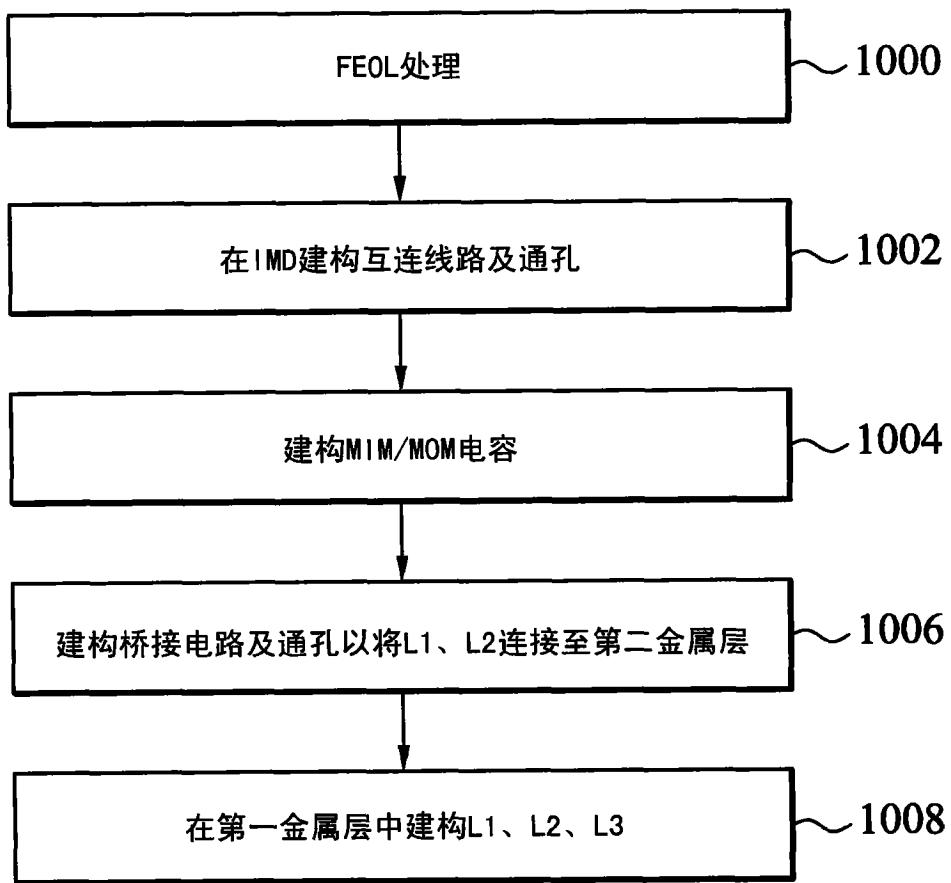


图 10