



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102496764 A

(43) 申请公布日 2012. 06. 13

(21) 申请号 201110454264. 0

(22) 申请日 2011. 12. 30

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园 1 号

(72) 发明人 魏斌 应志军 曹必松 张晓平

郭旭波 李启荣 冯骋

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所(普通合伙) 11201

代理人 廖元秋

(51) Int. Cl.

H01P 7/08(2006. 01)

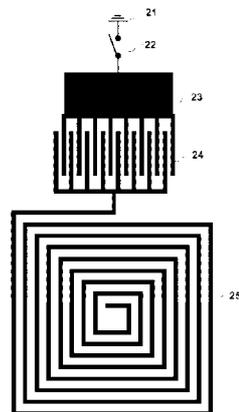
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 7 页

(54) 发明名称

一种可变频超导微带线谐振器

(57) 摘要

本发明涉及一种可变频超导微带线谐振器,包括上层超导谐振器结构、下层超导薄膜、位于该上、下两层超导体之间的介质基片,其特征在于,所述上层超导谐振器结构包括一条连续的主条带线,一块或多块外部微带线和一个或多个开关;主条带线的一端或两端与一块或多块外部微带线构成叉指耦合结构,所述叉指耦合结构是由主条带线的端口梳状分叉结构与一块或多块外部微带线的端口梳状分叉结构相互交叉形成,它们之间相互不接触;所述外部微带线通过开关接地,通过一个或多个开关控制一块或多块外部微带线接地和断开的两种状态或状态组合,改变谐振器的谐振频率。本发明提出的可变频超导微带线谐振器,具有品质因数高、变频范围大、可变频点数量多、频率控制准确的优点,同时具有易于制备的优点。本发明提供的谐振器可以用来设计并制作出高性能的可变频带通、带阻、高通、低通、多通带超导滤波器。



1. 一种可变频超导微带线谐振器,包括上层超导谐振器结构、下层超导薄膜、位于该上、下两层超导体之间的介质基片,其特征在于,所述上层超导谐振器结构包括一条连续的主条带线,一块或多块外部微带线和一个或多个开关;主条带线的一端或两端与一块或多块外部微带线构成叉指耦合结构,所述叉指耦合结构是由主条带线的端口梳状分叉结构与一块或多块外部微带线的端口梳状分叉结构相互交叉形成,它们之间相互不接触;所述外部微带线通过开关接地,通过一个或多个开关控制一块或多块外部微带线接地和断开的两种状态或状态组合,改变谐振器的谐振频率;所述外部微带线接地和断开两种状态分别对应与该外部微带线相连的开关的导通和断开两种状态。

2. 如权利要求 1 所述的可变频超导微带线谐振器,其特征在于,所述主条带线是由直线型条带段相连接构成,或由曲线型条带段相连接构成,或由直线型条带段和曲线型条带段混合连接构成;所述主条带线的一端或两端呈梳状分叉结构,所述梳状分叉结构是由多条直线型条带段、多条折线型条带段或多条曲线型条带段的一端相连接形成的梳状分叉结构,或是多条直线型、折线型或曲线型之中两种或三种混合的条带段的一端相连接形成的梳状分叉结构。

3. 如权利要求 1 所述的可变频超导微带线谐振器,其特征在于,所述一块外部微带线的一端呈梳状分叉结构,所述梳状分叉结构是由多条直线型条带段、多条折线型条带段或多条曲线型条带段的一端相连接形成的梳状分叉结构,或是多条直线型、折线型或曲线型之中两种或三种混合的条带段的一端相连接形成的梳状分叉结构;所述外部微带线的另一端形状是直线、折线、圆形、矩形、弧形、梯形、三角形或不规则块状,该端口通过开关接地。

4. 如权利要求 1-3 中任一项所述的可变频超导微带线谐振器,其特征在于,所述的开关是实现导通和断开两种状态的开关。

5. 如权利要求 4 中所述的可变频超导微带线谐振器,其特征在于,所述开关是机械式开关或电子式开关,或其他可以实现导通和断开两种状态的开关。

6. 如权利要求 4 中所述的可变频超导微带线谐振器,其特征在于,所述开关通过用金属丝点焊连接和不点焊连接两种方式实现导通和断开两种状态。

一种可变频超导微带线谐振器

技术领域

[0001] 本发明属于微波技术领域,涉及一种可变频超导微带线谐振器。

背景技术

[0002] 由于超导材料在微波频段的表面电阻相比常规金属材料低两到三个数量级,超导微带线谐振器组成的超导滤波器具有优异的滤波特性,一般采用微带线技术实现的超导微带线谐振器的基本组成包括上层超导谐振器结构 11、下层超导薄膜 12、位于该上、下两层超导体之间的介质基片 13,如图 1 所示。其中,上层谐振器结构 11 和下层导体薄膜均为超导体;基片可以使用氧化镁基片、铝酸镧基片、蓝宝石等其它材料。近年来超导滤波器在微波技术领域得到了非常广泛的应用,特别是在对滤波特性要求极高的电子对抗、卫星通信和射电天文等领域的应用具有重要意义。

[0003] 随着越来越多的微波技术在各领域的深入应用,空间环境中的微波频谱也变得越来越密集和复杂,导致使用常规金属滤波器或介质滤波器的接收机性能受到同频段或相邻频段杂波信号日益严重的干扰。为了解决这个问题,越来越多的科研人员把目光投向研制高性能可变频滤波器,当滤波器通带内有杂波干扰出现时,可以主动把滤波器变频到另外一个没有干扰的通带工作。近年来,各国这一领域的研究工作主要集中在可变频的常规滤波器研究上,比如可调介质滤波器 (Raafat R. Mansour, IEEE microwave magazine, October (2009), 84), 可调常规微带线滤波器 (Jia-Sheng Hong, IEEE microwave magazine, October (2009), 73)。这些可调滤波器的一个共同的缺点是谐振器品质因数不高,滤波器损耗较大。

[0004] 制作高性能可变频微带线滤波器最关键的问题,是如何实现高性能可变频微带线谐振器,而可变频超导谐振器正是解决这一问题的一个非常好的选择。目前已公开发表的可变频超导滤波器主要有两种实现方式:一种是在超导微带线谐振器上方悬置一片介质片,通过机械运动方法改变介质片悬浮高度,从而改变超导谐振器的谐振频率,其实现的困难在于难以实现精度要求极高的在低温下工作的微型机械控制装置,缺点是变频响应迟缓;另一种方式是在超导谐振器上串接变抗器,通过加电装置改变变抗器的阻抗值从而影响谐振器的谐振频率,其实现的困难在于超导基片表面难以集成分立元件,设计误差大,缺点是变抗器的引入会极大地降低超导谐振器的品质因数,从而导致滤波器插损变大,通带性能下降。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服已有技术的不足之处,提供一种可变频超导微带线谐振器,具有品质因数高、变频范围大、可变频点数量多、频率控制准确的优点,同时具有易于制备的优点。

[0006] 为了达到上述发明目的,本发明提出了一种可变频超导微带线谐振器,包括上层超导谐振器结构、下层超导薄膜、位于该上、下两层超导体之间的介质基片,其特征在于,所

述上层超导谐振器结构包括一条连续的主条带线,一块或多块外部微带线和一个或多个开关;主条带线的一端或两端与一块或多块外部微带线构成叉指耦合结构,所述叉指耦合结构是由主条带线的端口梳状分叉结构与一块或多块外部微带线的端口梳状分叉结构相互交叉形成,它们之间相互不接触;所述外部微带线通过开关接地,通过一个或多个开关控制一块或多块外部微带线接地和断开的两种状态或状态组合,改变谐振器的谐振频率;所述外部微带线接地和断开两种状态分别对应与该外部微带线相连的开关的导通和断开两种状态。 N 块外部微带线的接地和断开状态的不同组合最多可以实现 2 的 N 次方种频率状态。本发明提出的可变频超导微带线谐振器,由于谐振器的主体部分是由超导材料制成,所以本发明具有品质因数高的优点;由于可以使用多块外部微带线,形成不同的叉指耦合状态,所以本发明具有变频范围大、可变频点数量多的优点;由于可以通过电磁场仿真软件(如sonnet)计算各种状态下的谐振频率,所以本发明具有频率控制准确的优点;同时由于外部微带线开关接地方式的易操作性,所以本发明具有易于制备的优点。

[0007] 在上述技术方案中,所述主条带线是由直线型条带段相连接构成,或由曲线型条带段相连接构成,或由直线型条带段和曲线型条带段混合连接构成;所述主条带线的一端或两端呈梳状分叉结构,所述梳状分叉结构是由多条直线型条带段、多条折线型条带段或多条曲线型条带段的一端相连接形成的梳状分叉结构,或是多条直线型、折线型或曲线型之中两种或三种混合的条带段的一端相连接形成的梳状分叉结构。

[0008] 在上述技术方案中,所述一块外部微带线的一端呈梳状分叉结构,所述梳状分叉结构是由多条直线型条带段、多条折线型条带段或多条曲线型条带段的一端相连接形成的梳状分叉结构,或是多条直线型、折线型或曲线型之中两种或三种混合的条带段的一端相连接形成的梳状分叉结构;所述外部微带线的另一端作为接地块,形状是直线、折线、圆形、矩形、弧形、梯形、三角形或不规则块状,该端口通过开关接地;

[0009] 在上述技术方案中,所述的开关是实现导通和断开两种状态的开关。

[0010] 在上述技术方案中,所述开关是机械式开关或电子式开关,或其他可以实现导通和断开两种状态的开关。

[0011] 在上述技术方案中,所述开关通过用金属丝点焊连接和不点焊连接两种方式实现导通和断开两种状态。

[0012] 本发明的特点及效果

[0013] 本发明提出的可变频超导微带线谐振器,具有品质因数高、变频范围大、可变频点数量多、频率控制准确的优点,同时具有易于制备的优点。本发明提供的可变频超导微带线谐振器可以用来设计并制作不同节数的可变频的带通、带阻、高通、低通、多通带超导滤波器。因此只要采用本发明提出的超导谐振器设计并制作的可变频的带通、带阻、高通、低通、多通带超导滤波器均属本发明的保护范围。

附图说明

[0014] 图1为一般的超导微带线谐振器的基本结构截面示意图;

[0015] 图2为本发明提出的第一种可变频超导微带线谐振器的实施例结构示意图;

[0016] 图2a为本实施例的上层超导谐振器结构示意图,图2b为本实施例的仿真频率响应特性曲线。

- [0017] 图 3 为本发明提出的第二种可变频超导微带线谐振器的实施例结构示意图；
- [0018] 图 3a 为本实施例的上层超导谐振器结构示意图，图 3b 为本实施例的仿真频率响应特性曲线。
- [0019] 图 4 为本发明提出的第三种可变频超导微带线谐振器实施例的上层超导谐振器结构示意图；
- [0020] 图 5 为本发明提出的第四种可变频超导微带线谐振器实施例的上层超导谐振器结构示意图；
- [0021] 图 6 为本发明提出的一种可变频超导微带线谐振器中的主条带线几种可能的结构示意图；
- [0022] 图 6a 为包括直线型单螺旋、单端口直线型梳状分叉结构的主条带线。
- [0023] 图 6b 为包括直线型逆顺螺旋、单端口直线型梳状分叉结构的主条带线。
- [0024] 图 6c 为包括曲线、直线混合型单螺旋、单端口折线型梳状分叉结构的主条带线。
- [0025] 图 6d 为包括曲线型单螺旋、单端口直线型梳状分叉结构的主条带线。
- [0026] 图 6e 为包括直线型旋进旋出、单端口直线型梳状分叉结构的主条带线。
- [0027] 图 6f 为包括曲线、直线混合型旋进旋出、单端口曲线型梳状分叉结构的主条带线。
- [0028] 图 6g 为包括曲线型旋进旋出、单端口直线型梳状分叉结构的主条带线。
- [0029] 图 6h 为包括直线型旋进旋出、双端口直线型梳状分叉结构的主条带线。
- [0030] 图 6i 为包括曲线、直线混合型旋进旋出、一端口折线型梳状分叉结构、另一端口曲线形梳状分叉结构的主条带线。
- [0031] 图 6j 为包括曲线型旋进旋出、一端口直线型梳状分叉结构、另一端口曲线形梳状分叉结构的主条带线。
- [0032] 图 7 为本发明提出的一种可变频超导微带线谐振器中的外部微带线几种可能的结构示意图。
- [0033] 图 71a、72a、73a 分别为一端为矩形，另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线。
- [0034] 图 71b、72b、73b 分别为一端为倒三角形，另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线。
- [0035] 图 71c、72c、73c 分别为一端为正三角形，另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线。
- [0036] 图 71d、72d、73d 分别为一端为 T 折线形，另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线。
- [0037] 图 71e、72e、73e 分别为一端为圆形，另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线。
- [0038] 图 71f、72f、73f 分别为一端为半圆形，另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线。
- [0039] 图 71g、72g、73g 分别为一端为伞形，另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线。
- [0040] 图 71h、72h、73h 分别为一端为不规则形，另一端为直线型、折线型、曲线型分叉的

外部微带线。

具体实施方式

[0041] 下面结合具体的实施例对本发明做进一步的详细描述。

[0042] 本发明提出的可变频超导微带线谐振器,包括上层超导谐振器结构、下层超导薄膜、位于该上、下两层超导体之间的介质基片,其特征在于,所述上层超导谐振器结构包括一条连续的主条带线,一块或多块外部微带线和一个或多个开关;主条带线的一端或两端与一块或多块外部微带线构成叉指耦合结构,所述叉指耦合结构是由主条带线的端口梳状分叉结构与一块或多块外部微带线的端口梳状分叉结构相互交叉形成,它们之间相互不接触;所述外部微带线通过开关接地,通过一个或多个开关控制一块或多块外部微带线接地和断开的两种状态或状态组合,改变谐振器的谐振频率;所述外部微带线接地和断开两种状态分别对应与该外部微带线相连的开关的导通和断开两种状态。

[0043] 本发明的下层超导薄膜和介质基片与一般的超导微带线谐振器基本相同,区别特征是上层超导谐振器结构,本发明的上层超导谐振器结构可采用多种具体实施方式,通过下面多种实施例举例说明。

[0044] 第一实施例

[0045] 参照图 1,本实施例包括上层超导谐振器结构、下层超导薄膜、位于该上、下两层超导体之间的介质基片。本实施例的上层超导谐振器结构如图 2 所示,包括一条连续的单螺旋主条带线 25(利用一条连续的微带线,该微带线为超导微带线),主条带线从外往内沿逆时针方向环绕八圈构成,螺圈均为矩形螺圈,最外层螺圈的外轮廓长为 8.26mm,宽为 8.48mm,线宽为 0.16mm,相邻螺圈等间距且间距为 0.32mm。主条带线的外端口与一块外部微带线 23 构成叉指耦合结构 24,叉指长度 2.4mm,宽度 0.16mm,叉指根数 8 根,叉指深度 1.84mm,叉指间隙 0.16mm。外部微带线的接地块长 4.44mm,宽 1.72mm,通过开关 22 连接到地 21。本实施例的介质基片采用相对介电常数为 9.7 的氧化镁基片,上、下层超导体均采用 YBCO 高温超导材料。

[0046] 本实施例的开关 22 通过金属丝对外部微带线接地块和地端点焊连接和不点焊连接两种方式实现导通和断开两种状态。

[0047] 图 2b 为本实施例经电磁场仿真软件 Sonnet 仿真得到的频率响应特性曲线,开关“关闭”状态时基频谐振频率 26 为 313.04MHz,开关“断开”状态时基频谐振频率 27 为 316.96MHz,两状态频率相差 3.92MHz。

[0048] 第二实施例

[0049] 参照图 1,本实施例包括上层超导谐振器结构、下层超导薄膜、位于该上、下两层超导体之间的介质基片。本实施例的上层超导谐振器结构如图 3a 所示,包括一条连续的单螺旋主条带线 37(利用一条连续的微带线,该微带线为超导微带线),主条带线从外往内沿逆时针方向环绕八圈构成,螺圈均为矩形螺圈,最外层螺圈的外轮廓长为 8.26mm,宽为 8.48mm,线宽为 0.16mm,相邻螺圈等间距且间距为 0.32mm。主条带线的外端口与两块外部微带线(利用一条连续的微带线,该微带线为超导微带线)分别构成叉指耦合结构 35、36。其中叉指耦合结构 35 的叉指长度 2.44mm,宽度 0.24mm,叉指根数 6 根,叉指深度 1.76mm,叉指间隙 0.08mm;叉指耦合结构 36 的叉指长度 2.44mm,宽度 0.24mm,叉指根数 3 根,叉指深

度 1.76mm,叉指间隙 0.08mm。外部微带线 33 的接地块长 3mm,宽 1.68mm;外部微带线 34 的接地块长 1.36mm,宽 1.68mm。两块外部微带线的接地块分别通过两个开关 32 连接到地 31。本实施例的介质基片采用相对介电常数为 9.7 的氧化镁基片,上、下层超导体均采用 YBCO 高温超导材料。

[0050] 本实施例中的两个开关均采用欧姆龙公司生产的型号为“D3SH”的机械式开关。

[0051] 图 3b 为本实施例经电磁场仿真软件 Sonnet 仿真得到的频率响应特性曲线,33 接地开关“关闭”及 34 接地开关“关闭”状态时基频谐振频率 38 为 291.72MHz,33 接地开关“关闭”及 34 接地开关“断开”状态时基频谐振频率 39 为 293.34MHz,33 接地开关“断开”及 34 接地开关“关闭”状态时基频谐振频率 310 为 296.44MHz,33 接地开关“断开”及 34 接地开关“断开”状态时基频谐振频率 311 为 298.24MHz,311 和 38 的频率间隔为 6.52MHz。

[0052] 第三实施例

[0053] 参照图 1,本实施例包括上层超导谐振器结构、下层超导薄膜、位于该上、下两层超导体之间的介质基片。本实施例的上层超导谐振器结构如图 4 所示,包括一条连续的逆顺螺旋型主条带线 45(利用一条连续的微带线,该微带线为超导微带线),主条带线从外往内沿逆时针方向环绕四圈,再顺时针环绕四圈,螺圈均为矩形螺圈,最外层螺圈的外轮廓长为 8mm,宽为 8mm,线宽为 0.16mm,相邻螺圈等间距且间距为 0.24mm。主条带线的外端口与四块外部微带线 43 构成叉指耦合结构 44。叉指耦合结构 44 的叉指长度 2.4mm,宽度 0.16mm,叉指深度 2.08mm,叉指间隙 0.16mm。第一块外部微带线的叉指根数为 8 根,第二块外部微带线的叉指根数为 4 根,第三块外部微带线的叉指根数为 2 根,第四块外部微带线的叉指根数为 1 根。四块外部微带线的接地块的长均为 0.48mm,宽均为 1.76mm,分别通过开关 42 连接到地 41。本实施例的介质基片采用相对介电常数为 9.7 的氧化镁基片,上、下层超导体均采用 YBCO 高温超导材料。

[0054] 本实施例中的四个开关均采用二极管通过外加电实现导通和断开两种状态。

[0055] 第四实施例

[0056] 参照图 1,本实施例包括上层超导谐振器结构、下层超导薄膜、位于该上、下两层超导体之间的介质基片。本实施例的上层超导谐振器结构如图 5 所示,包括一条连续的旋进旋出型主条带线 55(利用一条连续的微带线,该微带线为超导微带线),主条带线从外往内沿逆时针方向环绕四圈,再顺时针由内往外环绕四圈,螺圈均为矩形螺圈,最外层螺圈的外轮廓长为 8.4mm,宽为 7.76mm,线宽为 0.16mm,相邻螺圈等间距且间距为 0.24mm。主条带线的两端分别与大小两块外部微带线 53 和 57 构成叉指耦合结构 54 和 56。叉指耦合结构 54 和 56 的叉指长度 2.4mm,宽度 0.16mm,叉指深度 1.76mm,叉指间隙 0.16mm。其中大外部微带线的叉指根数为 6 根,小外部微带线的叉指根数为 3 根。大外部微带线的接地块的长为 3mm,宽为 1.68mm;小外部微带线的接地块的长为 1.36mm,宽为 1.68mm。四块外部微带线的接地块分别通过开关 52 和 58 连接到地 51 和 59。本实施例的介质基片采用相对介电常数为 9.7 的氧化镁基片,上、下层超导体均采用 YBCO 高温超导材料。

[0057] 本实施例中的四个开关均采用三极管通过外加电实现导通和断开两种状态。

[0058] 上述实施例只是举例对本发明进行说明,但是本发明并不局限于此。可以在此实施例的基础上进行多种变形,例如主条带线包括但不限于图 6a-6j 中的包括直线型单螺旋、单端口直线型梳状分叉结构的主条带线;包括直线型逆顺螺旋、单端口直线型梳状分叉

结构的主条带线 ;包括曲线、直线混合型单螺旋、单端口折线型梳状分叉结构的主条带线 ;包括曲线型单螺旋、单端口直线型梳状分叉结构的主条带线 ;包括直线型旋进旋出、单端口直线型梳状分叉结构的主条带线 ;包括曲线、直线混合型旋进旋出、单端口曲线型梳状分叉结构的主条带线 ;包括曲线型旋进旋出、单端口直线型梳状分叉结构的主条带线 ;包括直线型旋进旋出、双端口直线型梳状分叉结构的主条带线 ;包括曲线、直线混合型旋进旋出、一端口折线型梳状分叉结构、另一端口曲线形梳状分叉结构的主条带线 ;包括曲线型旋进旋出、一端口直线型梳状分叉结构、另一端口曲线形梳状分叉结构的主条带线,外部微带线包括但不限于图 71a 到 71h、图 72a 到 72h、图 73a 到 73h 中的一端为矩形,另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线 ;一端为倒三角形,另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线 ;一端为正三角形,另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线 ;一端为 T 折线形,另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线 ;一端为圆形,另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线 ;一端为半圆形,另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线 ;一端为伞形,另一端为直线型、折线型、曲线型梳状分叉结构的外部微带线 ;一端为不规则形,另一端为直线型、折线型、曲线型分叉的外部微带线,其中的外部微带线通过开关接地。

[0059] 本发明采用微带线技术实现,本发明的上层谐振器结构和下层导体薄膜均为超导材料,上述实施例中虽然选用了 YBCO 高温超导材料,但是根据需要同样可以使用低温超导材料和其他高温超导材料 ;上述实施例中虽然选用了氧化镁基片,但是根据需要同样可以使用铝酸镧基片、蓝宝石等其它材料的基片。这些变形也应属于本发明的同一设计构思,均应在本发明的保护范围之内。

[0060] 本发明中的设计工作是利用电磁场仿真软件 (如 sonnet) 在计算机上运行的,具体操作方法参考软件用户使用手册。本发明中的超导微带线谐振器是按常用工艺制作的,即按光刻、刻蚀、封装等工艺步骤,属于本领域技术人员的公知技术。

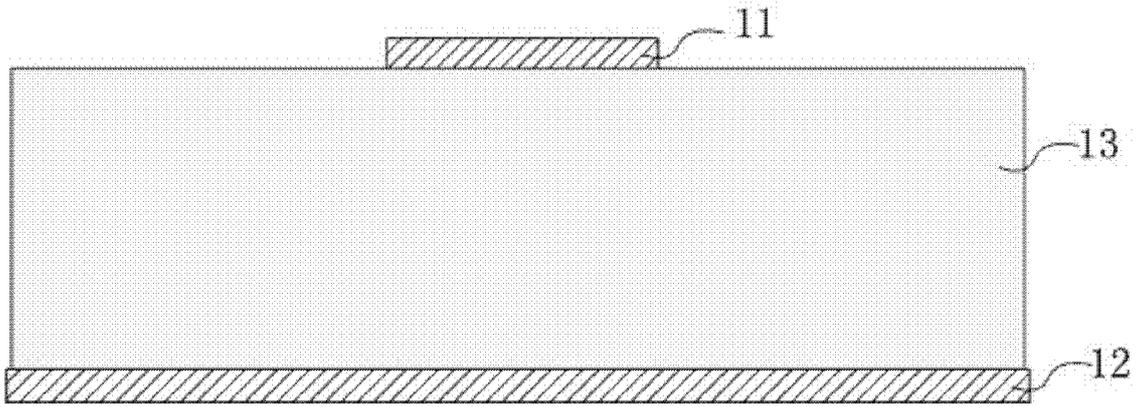


图 1

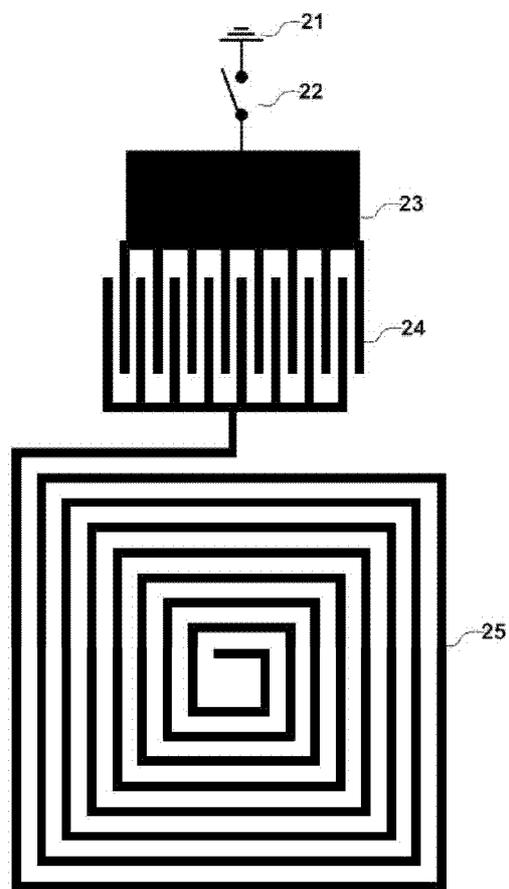


图 2a

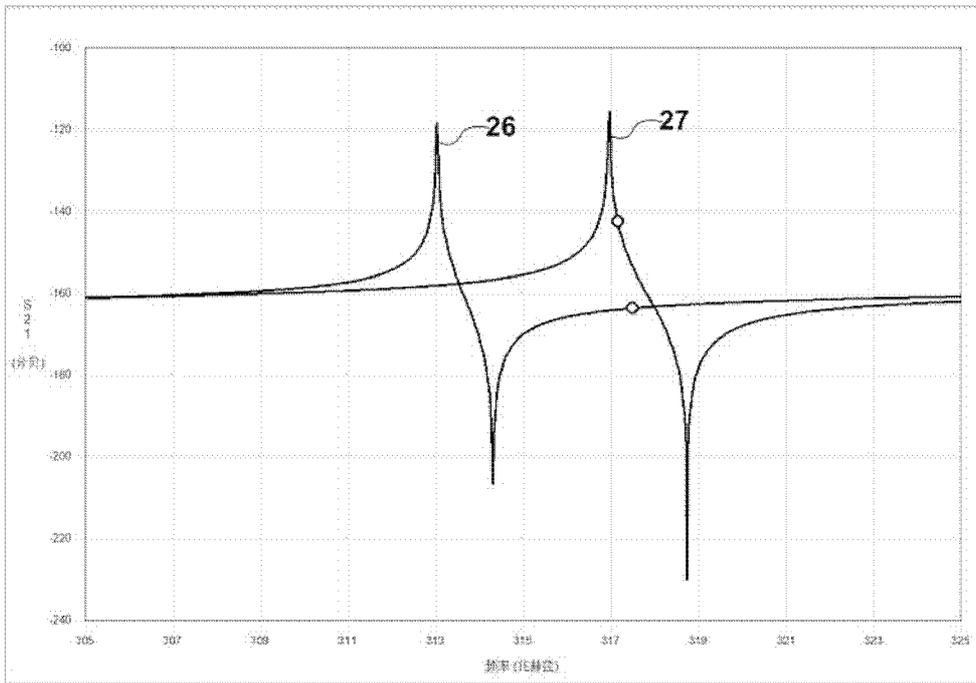


图 2b

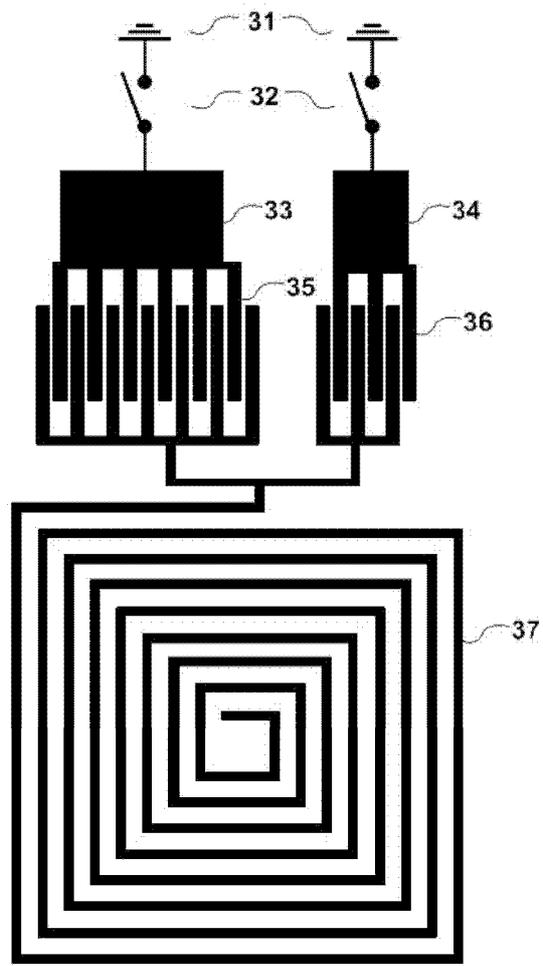


图 3a

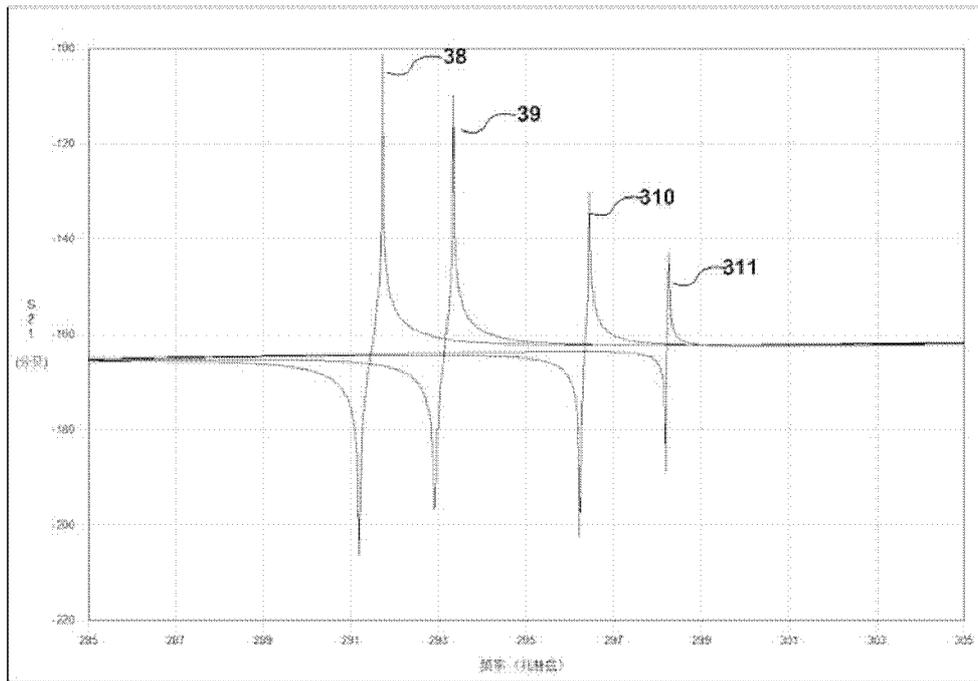


图 3b

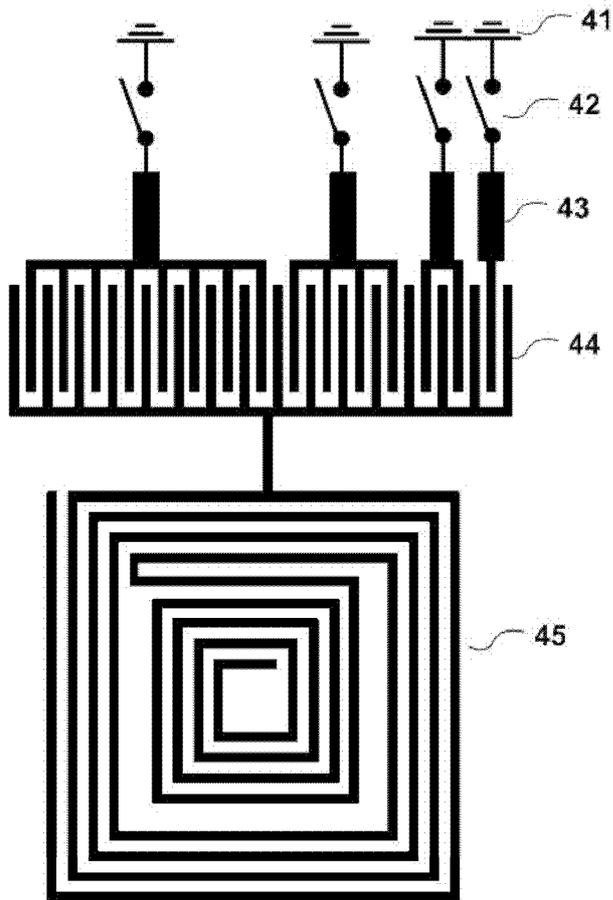


图 4

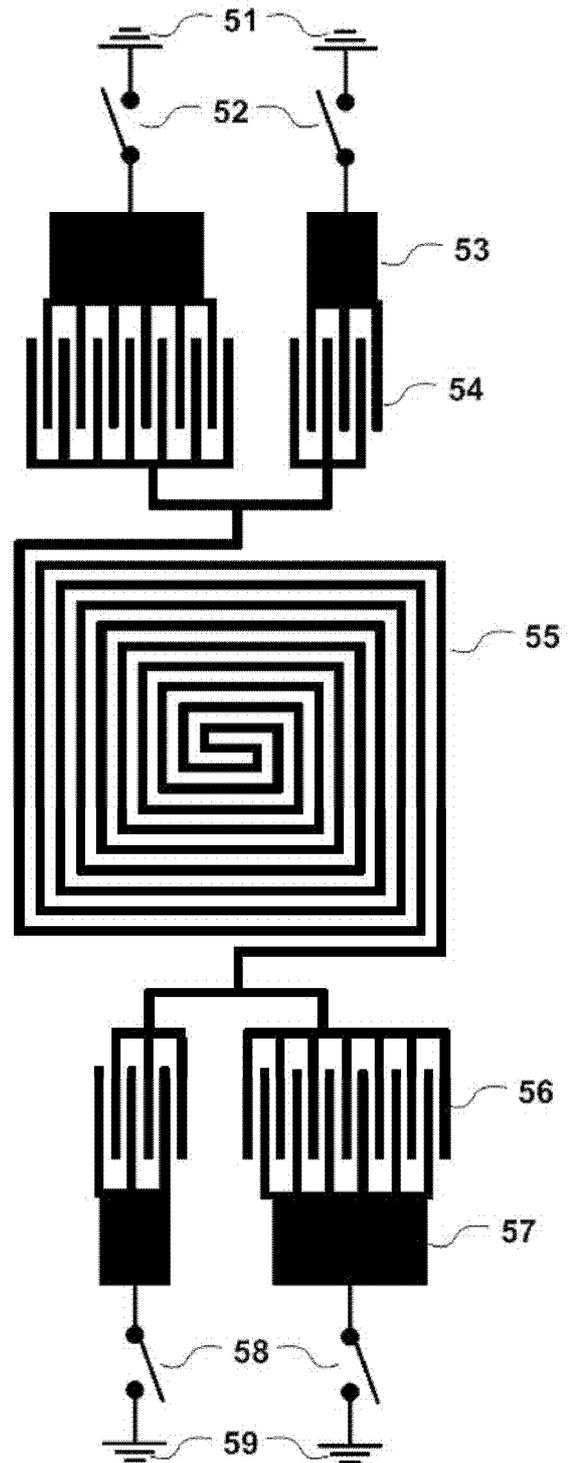


图 5

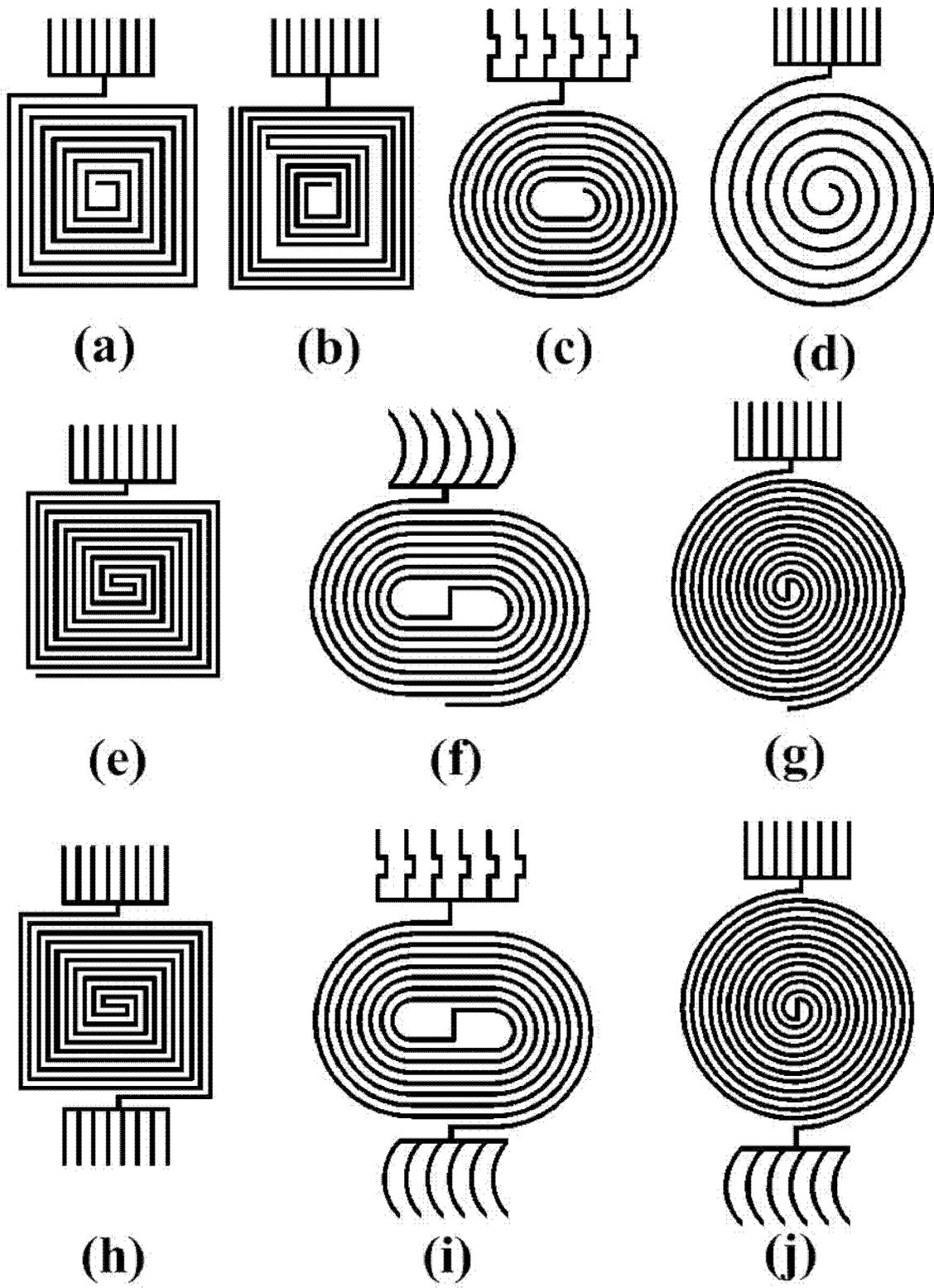


图 6

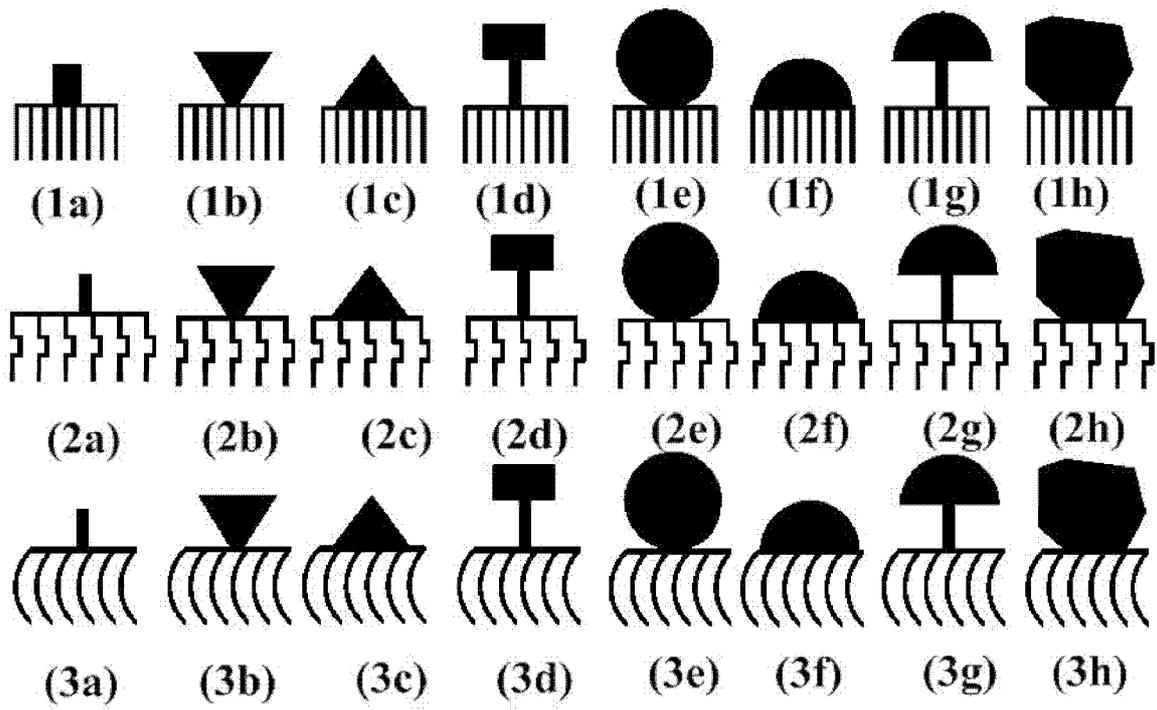


图 7