(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116886065 A
(43)申请公布日 2023.10.13

(21)申请号 202311050720.4
(22)申请日 2018.07.25
(30)优先权数据
62/536,806 2017.07.25 US
(62)分案原申请数据
201880048147.4 2018.07.25
(71)申请人 WJLP有限公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 韦曼·约翰·伦德奎斯特
玛丽·伊丽莎白·克拉克
(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
专利代理师 宋融冰
(51)Int.Cl.
H03H 7/01(2006.01)
H03H 1/00(2006.01)

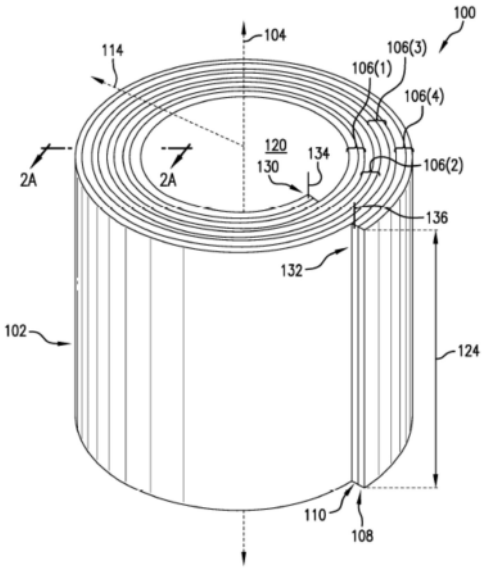
权利要求书2页 说明书12页 附图29页

(54)发明名称

电感-电容滤波器及相关联的系统和方法

(57)摘要

一种电感-电容滤波器包括绕缠绕轴缠绕的第一绝缘-导电带,其中第一绝缘-导电带包括与第一绝缘带接合的第一导电带。电感-电容滤波器组件包括同心地绕缠绕轴缠绕的第一绝缘-导电带和第二绝缘-导电带,第一绝缘-导电带包括与第一绝缘带接合的第一导电带,并且第二绝缘-导电带包括与第二绝缘带接合的第二导电带。



CN 116886065 A

1.一种电感-电容滤波器组件,包括:第一和第二绝缘-导电带,所述第一和第二绝缘-导电带中的每个(a)具有与第一导电带接合的第一绝缘带以及与第二导电带接合的第二绝缘带,以及(b)绕共同缠绕轴串行缠绕,以使得所述电感-电容滤波器组件在(i)所述第一导电带的第一端子端连接到电源、(ii)所述第一导电带的第二端子端通过导体连接到所述第二导电带的第一端子端、以及(iii)所述第二导电带的第二端子端连接到负载时阻止具有以第一和第二谐振频率为中心的频率的信号。

2.如权利要求1所述的电感-电容滤波器组件,其中所述第一和第二绝缘-导电带层叠在一起并绕所述缠绕轴缠绕,根据以下中的一个或多个所述第一和第二绝缘-导电带中的每个被调谐到所述频率之一:绝缘-导电带的匝数、所述电感-电容滤波器组件的内孔的尺寸和形状、绝缘带的介电性能和厚度、导电带的厚度、绝缘-导电带的宽度、以及其组合。

3.如权利要求1所述的电感-电容滤波器组件,其中,每个导电带包括金属箔,以及每个绝缘带包括介电材料。

4.如权利要求1所述的电感-电容滤波器组件,其中每个导电带具有宽高比至少为2的横截面面积。

5.如权利要求1所述的电感-电容滤波器组件,其中,如沿着所述缠绕轴的方向横截面地观察所述电感-电容滤波器组件时所看到的,所述第一和第二绝缘-导电带形成内孔。

6.如权利要求5所述的电感-电容滤波器组件,其中所述内孔具有部分有助于将所述电感-电容滤波器调谐到谐振频率的尺寸和非圆形形状。

7.如权利要求5所述的电感-电容滤波器组件,还包括部分地将所述电感-电容滤波器调谐到其谐振频率的设置在内孔中的磁芯。

8.如权利要求1所述的电感-电容滤波器组件,其中,所述第一导电带和所述第二导电带具有绕所述缠绕轴的各自不同的匝数,其中匝数有助于谐振频率的调谐。

9.一种电感-电容滤波器组件,包括:第一和第二绝缘-导电带,所述第一和第二绝缘-导电带中的每个(a)具有与第一导电带接合的第一绝缘带以及与第二导电带接合的第二绝缘带,以及(b)绕共同缠绕轴并行缠绕,以使得所述电感-电容滤波器组件在(i)第一导体连接所述第一导电带的第一端子端与所述第二导电带的第一端子端、(ii)第二导体连接所述第一导电带的第二端子端到所述第二导电带的第二端子端、(iii)所述第一导电带和所述第二导电带的第一端子端连接到电源、以及(iv)所述第一导电带和所述第二导电带的第二端子端连接到负载时阻止具有以第一和第二谐振频率为中心的频率的信号。

10.如权利要求9所述的电感-电容滤波器组件,其中所述第一和第二绝缘-导电带层叠在一起并绕所述缠绕轴缠绕,根据以下中的一个或多个所述第一和第二绝缘-导电带中的每个被调谐到所述频率之一:绝缘-导电带的匝数、所述电感-电容滤波器组件的内孔的尺寸和形状、绝缘带的介电性能和厚度、导电带的厚度、绝缘-导电带的宽度、以及其组合。

11.如权利要求9所述的电感-电容滤波器组件,其中,每个导电带包括金属箔,以及每个绝缘带包括介电材料。

12.如权利要求9所述的电感-电容滤波器组件,其中每个导电带具有宽高比至少为2的横截面面积。

13.如权利要求9所述的电感-电容滤波器组件,其中,如沿着所述缠绕轴的方向横截面地观察所述电感-电容滤波器组件时所看到的,所述第一和第二绝缘-导电带形成内孔。

14.如权利要求13所述的电感-电容滤波器组件,其中所述内孔具有部分有助于将所述电感-电容滤波器组件调谐到谐振频率的尺寸和非圆形形状。

15.如权利要求13所述的电感-电容滤波器组件,还包括部分地将所述电感-电容滤波器组件调谐到其谐振频率的设置在内孔中的磁芯。

16.如权利要求1所述的电感-电容滤波器组件,其中,所述第一电容式导电带和所述第二电容式导电带各自具有绕所述缠绕轴的各自不同的匝数,其中匝数有助于调谐到每个谐振频率。

电感-电容滤波器及相关联的系统和方法

[0001] 本申请是申请日为2018年7月25日的名称为“电感-电容滤波器及相关联的系统和方法”的中国发明专利申请201880048147.4的分案申请。其母案的相关内容作为参考并入本文中。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求于2017年7月25日提交的美国临时专利申请62/536,806的优先权的权益,其通过引用并入本文。

背景技术

[0004] 选择性电信号消除常常对于递送高功率射频(RF)电信号(诸如10千赫兹(kHz)和1吉赫兹(GHz)之间的电信号)的装备的稳定可靠操作至关重要。在一些应用中,必须在指定的带宽内去除电信号,这需要使用带阻滤波器,该滤波器阻止具有一定频带内频率的电信号,同时在该频带外传输电信号或电能。此外,一些应用需要将电能递送到具有相同或不同选择性信号消除要求的多个负载。这些多负载应用需要针对每个负载的带阻滤波器,其中每个带阻滤波器针对其具体负载被调谐,并且其中每个带阻滤波器不显著干扰每个其他带阻滤波器。

[0005] 理想地,带阻滤波器在指定频带处具有高阻抗以阻止在指定频带内的信号,而在该频带外部具有低阻抗以防止不期望信号衰减和/或电能的低效率递送。滤波器随信号频率变化的信号衰减可以被称为滤波器的带阻特性。常规地,带阻滤波器由两个或更多个分立部件构成,诸如以并联配置放置在电路中的分立电感器和分立电容器。分立电感器通常由缠绕成线圈的铜线或铝线形成,并且线圈可选地绕磁芯缠绕。分立电容器通常由两个金属板形成,在两个金属板之间具有介电材料。介电材料可以是陶瓷、玻璃、云母、塑料膜或金属氧化物。

发明内容

[0006] 在实施例中,电感-电容滤波器包括绕缠绕轴缠绕的第一绝缘-导电带,其中第一绝缘-导电带包括与第一绝缘带接合的第一导电带。

[0007] 在实施例中,第一导电带与第一绝缘带平行地绕缠绕轴缠绕。

[0008] 在实施例中,第一导电带由金属箔形成,并且第一绝缘带由介电材料形成。

[0009] 在实施例中,第一导电带具有宽高比至少为2的横截面面积。

[0010] 在实施例中,如沿着缠绕轴的方向横截面地观察电感-电容滤波器时所看到的,第一绝缘-导电带形成内孔。

[0011] 在实施例中,内孔具有非圆形形状。

[0012] 在实施例中,电感-电容滤波器还包括设置在内孔中的磁芯。

[0013] 在实施例中,电感-电容滤波器还包括分别电耦合到第一导电带的相对的第一端和第二端的第一端子和第二端子。

[0014] 在实施例中,电感-电容滤波器还包括绕缠绕轴缠绕的一个或多个附加绝缘-导电

带,每个附加绝缘-导电带包括缠绕有相应绝缘带的相应导电带。

[0015] 在实施例中,电感-电容滤波器组件包括同心地绕缠绕轴缠绕的第一绝缘-导电带和第二绝缘-导电带,第一绝缘-导电带包括与第一绝缘带接合的第一导电带,并且第二绝缘-导电带包括与第二绝缘带接合的第二导电带。

[0016] 在实施例中,第一导电带与第一绝缘带平行地绕缠绕轴缠绕,并且第二导电带与第二绝缘带平行地绕缠绕轴缠绕。

[0017] 在实施例中,第一绝缘-导电带电耦合到第二绝缘-导电带。

[0018] 在实施例中,如沿着缠绕轴的方向横截面地观察电感-电容滤波器组件时所看到的,第一绝缘-导电带设置在第二绝缘-导电带内。

[0019] 在实施例中,电感-电容滤波器组件还包括与第一绝缘-导电带和第二绝缘-导电带同心地绕缠绕轴缠绕的第三绝缘-导电带。第三绝缘-导电带包括与第三绝缘带接合的第三导电带,并且第一绝缘-导电带、第二绝缘-导电带和第三绝缘-导电带中的每个形成相应的电感-电容滤波器。如沿着缠绕轴的方向横截面地观察电感-电容滤波器组件时所看到的,第一绝缘-导电带设置在第二绝缘-导电带内,并且如沿着缠绕轴的方向横截面地观察电感-电容滤波器组件时所看到的,第一绝缘-导电带和第二绝缘-导电带中的每个设置在第三绝缘-导电带内。

[0020] 在实施例中,第一导电带和第二导电带中的每个由金属箔形成,并且第一绝缘带和第二绝缘带中的每个由介电材料形成。

[0021] 在实施例中,第一导电带具有宽高比至少为2的横截面面积,并且第二导电带具有宽高比至少为2的横截面面积。

[0022] 在实施例中,第一绝缘-导电带和第二绝缘-导电带中的每个绕缠绕轴形成多匝。

[0023] 在实施例中,第一绝缘-导电带和第二绝缘-导电带中的每个绕缠绕轴形成不同的相应匝数。

[0024] 在实施例中,电感-电容滤波器组件还包括与第一绝缘-导电带和第二绝缘-导电带同心地绕缠绕轴缠绕的第三绝缘-导电带。第三绝缘-导电带包括与第三绝缘带接合的第三导电带,并且第一绝缘-导电带、第二绝缘-导电带和第三绝缘-导电带中的每个形成相应的电感-电容滤波器。

[0025] 在实施例中,电路包括上面公开的电感-电容滤波器中的任何一个。

[0026] 在实施例中,第一导电带的相对的第一端和第二端电耦合到电路的不同的相应节点。

[0027] 在实施例中,电路还包括负载以及与电路的电感-电容滤波器串联电耦合的交流电源和直流电源中的至少一个。

[0028] 在实施例中,电路包括上面公开的电感-电容滤波器组件中的任何一个,并且第一绝缘-导电带和第二绝缘-导电带中的每个电耦合到电路的相应分支。

[0029] 在实施例中,第一绝缘-导电带和第二绝缘-导电带中的每个电耦合在电源与相应的电负载之间。

附图说明

[0030] 图1是根据实施例的电感-电容滤波器的透视图。

[0031] 图2是图1的电感-电容滤波器的横截面视图。

[0032] 图3图示了图1电感-电容滤波器的近似电学模型。

[0033] 图4是图1电感-电容滤波器的一个特定实施例的阻抗与频率的曲线图。

[0034] 图5是根据实施例的类似于图1电感-电容滤波器但是具有六匝而不是四匝的电感-电容滤波器的透视图。

[0035] 图6是根据实施例的类似于图1电感-电容滤波器但是具有更大的内孔的电感-电容滤波器的透视图。

[0036] 图7是根据实施例的类似于图1电感-电容滤波器但是具有椭圆形的内孔的电感-电容滤波器的透视图。

[0037] 图8是根据实施例的类似于图1电感-电容滤波器但是具有不同的绝缘带的电感-电容滤波器的透视图。

[0038] 图9是根据实施例的类似于图1电感-电容滤波器但是具有更厚的绝缘带的电感-电容滤波器的透视图。

[0039] 图10是图9的电感-电容滤波器的横截面视图。

[0040] 图11是根据实施例的类似于图1电感-电容滤波器但是具有更厚的导电带的电感-电容滤波器的透视图。

[0041] 图12是图11的电感-电容滤波器的横截面视图。

[0042] 图13是根据实施例的类似于图1电感-电容滤波器但是具有更宽的绝缘-导电带的电感-电容滤波器的透视图。

[0043] 图14是根据实施例的在单个设备中包括两个电感-电容滤波器的电感-电容滤波器组件的透视图。

[0044] 图15图示了根据实施例的图14的具有串联电耦合的第一和第二绝缘-导电带的电感-电容滤波器组件。

[0045] 图16图示了如图15所图示的进行电耦合时图14电感-电容滤波器组件的近似电学模型。

[0046] 图17是如图15所图示的进行电耦合时图14电感-电容滤波器组件的一个特定实施例的阻抗与频率的曲线图。

[0047] 图18图示了根据实施例的图14的具有并联电耦合的第一和第二绝缘-导电带的电感-电容滤波器组件。

[0048] 图19是如图18所图示的进行电耦合时图14电感-电容滤波器组件的一个特定实施例的阻抗与频率的曲线图。

[0049] 图20是根据实施例的两个串联电耦合的电感-电容滤波器的透视图。

[0050] 图21是串联电耦合的图20电感-电容滤波器的一个特定实施例的阻抗与频率的曲线图。

[0051] 图22是根据实施例的包括附加绝缘-导电带的电感-电容滤波器组件的透视图。

[0052] 图23是图22的电感-电容滤波器组件的横截面视图。

[0053] 图24图示了图22的电感-电容滤波器组件的近似电学模型。

[0054] 图25是根据实施例的类似于图1电感-电容滤波器但是其中绝缘带的宽度大于导电带的宽度的电感-电容滤波器的横截面图。

[0055] 图26图示了根据实施例的电感-电容滤波器的透视图，该电感-电容滤波器包括设置在内孔中的杆型磁芯。

[0056] 图27图示了根据实施例的另一个电感-电容滤波器的透视图，该电感-电容滤波器包括设置在内孔中的E型磁芯。

[0057] 图28图示了根据实施例的另一个电感-电容滤波器的透视图，该电感-电容滤波器包括设置在内孔中的U型磁芯。

[0058] 图29图示了根据实施例的又一个电感-电容滤波器的透视图，该电感-电容滤波器包括设置在内孔中的罐型磁芯。

[0059] 图30图示了根据实施例的包括图1电感-电容滤波器的实例的电路。

[0060] 图31图示了根据实施例的包括图1电感-电容滤波器的实例的另一个电路。

[0061] 图32图示了根据实施例的包括图22电感-电容滤波器组件的实例的电路。

[0062] 图33图示了根据实施例的包括图14电感-电容滤波器组件的实例的电路。

具体实施方式

[0063] 常规的带阻滤波器一般可以通过精心设计和构造来实现可接受的带阻特性。然而，形成常规带阻滤波器的分立部件常常会使滤波器大、昂贵且难以构造，尤其是对于高功率应用而言。此外，形成常规带阻滤波器的分立电感器的导线的阻抗可能显著限制滤波器的最大电流能力，尤其是在趋肤效应(即，高频电流趋于拥挤在导线的外表面附近)显著的高操作频率下。此外，由于寄生效应，包括形成常规带阻滤波器的分立元件的寄生电感和寄生电容，难以在常规带阻滤波器中实现精确的带阻特性。

[0064] 申请人已经开发了电感-电容滤波器和相关联的组件，其潜在地克服上面讨论的与常规带阻滤波器相关联的缺陷中的一个或多个。某些实施例不要求分立的电感器或分立的电容器，从而促进了小滤波器尺寸、低滤波器成本以及制造滤波器的容易性。此外，某些实施例可以容易地被调谐以在滤波器设计和/或制造期间实现期望的带阻特性，从而实现精确的带阻特性，并且潜在地最小化支持各种应用所需的基本滤波器设计的数量。此外，特定实施例在预定频带之外的低频和高频处实现相对低的阻抗，从而帮助最小化电阻性损耗。而且，一些实施例在单个封装中形成多个LC滤波器。

[0065] 图1是电感-电容滤波器100的透视图，该电感-电容滤波器100是本申请人开发的新型电感-电容滤波器的一个实施例。电感-电容滤波器100包括绝缘带108和导电带110，统称为绝缘-导电带102，其绕缠绕轴104缠绕以形成多个匝106。在本文档中，可以通过使用括号中的数字来指代项目的具体实例(例如，匝106(1))，而没有括号的数字指代任何这样的项目(例如，匝106)。虽然电感-电容滤波器100被图示为具有四个匝106，但是匝数可以变化，包括全部匝或部分匝，而不脱离本发明的范围。导电带110与绝缘带108接合，以使得导电带110与绝缘带108平行地绕缠绕轴104缠绕。图2是沿着图1的线2A-2A截取的电感-电容滤波器100的横截面图。绝缘带108例如由非导电的介电绝缘材料形成，诸如nomex、Kapton、聚酯薄膜纸或将在导电带110之间提供电隔离的任何其它材料。导电带110例如由金属箔形成，诸如铝箔、铜箔或具有低电阻率的任何其它材料。在某些实施例中，绝缘带108和导电带110分开形成并缠绕在一起以形成绝缘-导电带102，而在其它一些实施例中，绝缘带108和导电带110被结合在一起，然后所产生的绝缘-导电带102绕缠绕轴104缠绕。例如，在特定实

施例中，在将所产生的绝缘-导电带102绕缠绕轴104缠绕之前，使用膜沉积技术在导电带110上形成绝缘带108。

[0066] 导电带110分别具有相对的第一端130和第二端132。第一端子134电耦合到第一端130，第二端子136电耦合到第二端132。第一端子134和第二端子136提供到电感-电容滤波器100的电接口。在一些实施例中，第一端子134和第二端子136包括焊接到导电带110的相应的铝或铜母线或导线。在不脱离本发明的范围的情况下，可以省略第一端子134和第二端子136。

[0067] 当在平行于缠绕轴104和径向轴114中的每个的平面中观察时，导电带110具有横截面面积112。径向轴114与缠绕轴104正交并且远离缠绕轴104延伸。横截面面积112具有宽度116除以厚度118的宽高比，其中宽度116是导电带110平行于缠绕轴104的宽度，而厚度118是导电带110平行于径向轴114的厚度。在某些实施例中，宽高比至少为2，即，宽度116至少为厚度118的两倍，以最小化当导电带110携带高频信号时的趋肤效应和邻近效应。如上面所讨论的，趋肤效应描述高频电流在导体外表面附近拥挤的趋势，而邻近效应描述由流过一个导体的电流产生的磁场感应出通过一个或多个附近的其它导体的环流。在特定实施例中，厚度118为0.10英寸或更小，而宽度116为至少0.5英寸或更大，以实现大的横截面面积112，从而促进在电感-电容滤波器100的带阻滤波器频带之外的频率处的低AC电阻和低DC电阻。

[0068] 导电带110的相邻部分产生电容，并且导电带110在连接到电路时产生电感。因此，电感-电容滤波器100具有并联电感-电容滤波器的电学特性。图3图示了从第一端子134和第二端子136看去的电感-电容滤波器100的近似电学模型300，其中电容器302与电感分支304并联电耦合。电感分支304包括与电阻器308串联电耦合的电感器306。电容器302表示导电带110的相邻部分的电容，电感器306表示导电带110的电感，并且电阻器308表示导电带110的电阻。因而，电感-电容滤波器100能够在不使用分立电感器或分立电容器的情况下用作带阻滤波器，从而促进小滤波器尺寸、低滤波器成本以及滤波器制造的容易性。电感-电容滤波器100具有谐振频率f_o，即，滤波器具有峰阻抗的频率，近似如下，其中L是电感器306的电感，C是电容器302的电容。

[0069] $$fo = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$ 等式1

[0070] 图4是电感-电容滤波器100的一个特定实施例的阻抗与频率的曲线图400。从图4可以明显看出，这个特定实施例的谐振频率约为14.65兆赫兹(MHz)，并且滤波器的阻抗在谐振频率处约为30000欧姆。当频率远离谐振频率时，阻抗迅速降低，以使得电感-电容滤波器在远离谐振频率的频率处具有低阻抗，以帮助最小化不期望信号衰减。

[0071] 应当注意的是，虽然为了说明简单起见，图3的电学模型300将电容器302、电感器306和电阻器308中的每个图示为分立元件，但是这些部件中的每个都表示分布式元件。此外，应当注意的是，模型300并未考虑高阶效应，诸如通过电容器302的泄漏电流。可以预期的是，虽然可以将导电带110设计为实现有限电阻，诸如在期望特定电阻阻尼的应用中，但通常将电感-电容滤波器100设计为促进导电带110的小电阻，以最小化电感-电容滤波器100中的电阻性损耗。

[0072] 电感-电容滤波器100的谐振频率可以在其设计和/或制造期间改变，从而使得能

够实现精确的带阻特性和/或能够支持多种应用的单一基础设计。例如，可以通过改变绕缠绕轴104形成的匝106的数量来改变电感-电容滤波器100的谐振频率。特别地，增加匝106的数量增加电感-电容滤波器100的电感，并且增加电感降低电感-电容滤波器100的谐振频率，这可以从上面的等式1确定。图5是电感-电容滤波器500的透视图，该电感-电容滤波器500类似于图1的电感-电容滤波器100，但是具有六匝106而不是四匝106。因而，电感-电容滤波器500将具有比电感-电容滤波器100更低的谐振频率。在图5中仅标记了匝106的两个实例，以促进说明的清晰。应当注意的是，每个匝106不必一定是完整匝，或者换句话说，第一匝和/或最后一匝106可以是部分匝，这使得带阻特性能够在电感-电容滤波器100的设计和/或制造期间连续变化。

[0073] 如沿着缠绕轴104的方向横截面地观察时所看到的，绝缘-导电带102分别在电感-电容滤波器100和500的每个中形成内孔120和520。除了改变匝106的数量之外或代替改变匝106的数量，可以通过改变内孔120和520的尺寸和/或形状来改变电容滤波器100和500的带阻特性。例如，图6是电感-电容滤波器600的透视图，该电感-电容滤波器600类似于图1的电感-电容滤波器100，但是具有大于内孔120的内孔620，如沿着缠绕轴104的方向横截面地观察时所看到的。内孔尺寸的增加会增加磁通路径的横截面面积，从而增加电感。电感的这种增加降低了谐振频率并增加了在谐振频率处的阻抗。因此，电感-电容滤波器600将具有比电感-电容滤波器100更低的谐振频率和更高的峰阻抗。

[0074] 作为另一个示例，图7是电感-电容滤波器700的透视图，该电感-电容滤波器700类似于图1的电感-电容滤波器100，但是具有椭圆形而不是圆形的内孔720，如沿着缠绕轴104的方向横截面地观察时所看到的。虽然内孔720具有与图1的内孔120相同的周长，但是内孔720的面积小于内孔120的面积，如沿着缠绕轴104的方向横截面地观察时所看到的。因此，电感-电容滤波器700将具有比电感-电容滤波器100更高的谐振频率和更小的峰阻抗。在不脱离本发明的范围的情况下，本文中公开的任何电感-电容滤波器都可以改变为具有不同的内孔形状。例如，可以修改电感-电容滤波器700，以使得内孔720具有不同的非圆形形状，诸如矩形、三角形或甚至不规则形状。

[0075] 绝缘带108的材料和/或厚度可以在本文中公开的任何电感-电容滤波器中进行修改，诸如为了调谐带阻特性。增加绝缘带108的介电常数降低了电感-电容滤波器的谐振频率值和峰阻抗。例如，图8是电感-电容滤波器800的透视图，该电感-电容滤波器800类似于图1的电感-电容滤波器100，但是绝缘带108被绝缘带808代替。绝缘带808具有比绝缘带108更大的介电常数。因此，电感-电容滤波器800将具有比电感-电容滤波器100更低的谐振频率和更小的峰阻抗。另一方面，用具有比绝缘带108低的介电常数的绝缘带代替绝缘带108将增加电感-电容滤波器100的谐振频率和峰阻抗。

[0076] 增加绝缘带108的厚度122(图2)增加电感-电容滤波器的谐振频率值和峰阻抗两者。例如，图9是电感-电容滤波器900的透视图，该电感-电容滤波器900类似于图1的电感-电容滤波器100，但是绝缘带108被绝缘带908代替。图10是沿着图9的线10A-10A截取的电感-电容滤波器900的横截面视图。绝缘带908的厚度922大于绝缘带108的厚度122。因此，电感-电容滤波器900将具有比电感-电容滤波器100更低的电容、更高的谐振频率以及更大的最大阻抗。

[0077] 导电带110的材料和/或厚度可以在本文中公开的任何电感-电容滤波器中进行修

改，诸如为了调谐带阻特性。例如，图11是电感-电容滤波器1100的透视图，该电感-电容滤波器1100类似于电感-电容滤波器100，但是导电带1110代替导电带110。图12是沿着图11的线12A-12A截取的电感-电容滤波器1100的横截面视图。导电带1110的厚度1118大于导电带110的厚度118。因此，电感-电容滤波器1100将具有比电感-电容滤波器100更小的DC电阻和更小的低频AC电阻。

[0078] 导电带1110具有分别相对的第一端1130和第二端1132。第一端子1134电耦合到第一端1130，第二端子1136电耦合到第二端1132。第一端子1134和第二端子1136提供到电感-电容滤波器1100的电接口。在一些实施例中，第一端子1134和第二端子1136包括焊接到导电带1110的相应的铝或铜母线或导线。在不脱离本发明的范围的情况下，可以省略第一端子1134和第二端子1136。

[0079] 本文中公开的任何电感-电容滤波器的绝缘-导电带的宽度也可以被修改以调谐带阻特性。例如，增加绝缘-导电带102的宽度124(图1)增加导电带110的相邻部分的表面积，从而增加电感-电容滤波器100的电容并减小滤波器的电感，从而导致更低的谐振频率值和更小的峰阻抗。此外，增加绝缘-导电带的宽度124还减小了电感-电容滤波器100的DC和低频AC电阻，这促进了电感-电容滤波器100以最小的损耗传输电能的能力。图13是电感-电容滤波器1300的透视图，该电感-电容滤波器1300类似于图1的电感-电容滤波器100，但是用绝缘-导电带1302代替绝缘-导电带102。绝缘-导电带1302类似于绝缘-导电带102，但是其宽度1324大于绝缘-导电带102的宽度124。因此，电感-电容滤波器1300具有比电感-电容滤波器100更低的谐振频率值、更低的峰阻抗和更低的电阻。

[0080] 本文中公开的电感-电容滤波器中的任何两个或更多个可以组合以形成在单个设备中包括两个电感-电容滤波器的电感-电容滤波器组件，诸如为了实现跨两个或更多个频带的带阻滤波。例如，图14是电感-电容滤波器组件1400的透视图，该电感-电容滤波器组件1400包括同心地绕缠绕轴1404缠绕的第一绝缘-导电带1402和第二绝缘-导电带1403。如沿着缠绕轴1404的方向横截面地观察电感-电容滤波器组件1400时所看到的，第一绝缘-导电带1402设置在第二绝缘-导电带1403内。第一绝缘-导电带1402形成第一电感-电容滤波器1405，第二绝缘-导电带1403形成第二电感-电容滤波器1407，以使得电感电容组件1400在单个设备中包括两个电感-电容滤波器。第一绝缘-导电带1402包括与第一绝缘带接合的第一导电带，其中第一导电带类似于导电带110，并且第一绝缘带类似于绝缘带108。第一导电带和第一绝缘带在图14中未标记，以促进说明的清晰。类似地，第二绝缘-导电带1403包括第二导电带(未标记)和第二绝缘带(未标记)，它们也分别类似于导电带110和绝缘带108。

[0081] 带阻特性可以在电感-电容滤波器组件1400的设计和/或制造期间改变，例如，通过(1)改变第一绝缘-导电带1402和/或第二绝缘-导电带1403的匝数，(2)改变电感-电容滤波器组件1400的内孔1420的尺寸和/或形状，(3)改变绝缘带的厚度和/或介电性能，(4)改变导电带的厚度，和/或(5)改变绝缘-导电带1402和1403的宽度1424，诸如以类似于上面关于图1-图13讨论的方式。此外，虽然绝缘-导电带1402和1403被图示为分别形成三匝和四匝，但是由绝缘-导电带1402和1403形成的匝的数量可以变化，而不脱离本发明的范围。此外，可以将电感-电容滤波器组件1400修改为包括一个或多个附加的绝缘-导电带，以使得所有绝缘-导电带同心地绕缠绕轴1404缠绕，而不脱离本发明的范围。

[0082] 可选地，电感-电容滤波器组件1400的电感-电容滤波器串联或并联电耦合。例如，

图15图示了电感-电容滤波器组件1400，该电感-电容滤波器组件1400具有通过电导体1502与第二绝缘-导电带1403串联电耦合的第一绝缘-导电带1402。第一端子1534电耦合到第一绝缘-导电带1402的第一端，第二端子1536电耦合到第二绝缘-导电带1403的第二端。第一端子1534和第二端子1536提供到电感-电容滤波器组件1400的电接口。在一些实施例中，第一端子1534和第二端子1536包括相应的铝或铜母线或导线。在不脱离本发明的范围的情况下，可以省略第一端子1534和第二端子1536。图16图示了如图15中所图示的电耦合的电感-电容滤波器组件1400的近似电学模型1600，如从第一端子1534和第二端子1536看到的。电容器1604表示第一绝缘-导电带1402的电容，电感器1606表示第一绝缘-导电带1402的电感，并且电阻器1608表示第一绝缘-导电带1402的电阻。电容器1610表示第二绝缘-导电带1403的电容，电感器1612表示第二绝缘-导电带1403的电感，并且电阻器1614表示第二绝缘-导电带1403的电阻。

[0083] 图17是电感-电容滤波器组件1400的一个特定实施例的阻抗与频率的曲线图1700，其中如图15所图示的第一绝缘-导电带1402和第二绝缘-导电带1403串联电耦合。如从图17显而易见，这个特定实施例具有约5.7MHz的第一谐振频率1702和约15.6MHz的第二谐振频率1704。第一谐振频率1702是与第二电感-电容滤波器1407相关联的谐振频率，并且第二谐振频率1704是与第一电感-电容滤波器1405相关联的谐振频率。在第二谐振频率1704处，第一电感-电容滤波器1405的峰阻抗约为6200欧姆，而在第一谐振频率1702处，第二电感-电容滤波器1407的峰阻抗约为22000欧姆。

[0084] 图18图示了电感-电容滤波器组件1400，该电感-电容滤波器组件1400具有通过电导体1802和1804与第二绝缘-导电带1403并联电耦合的第一绝缘-导电带1402，并且图19是如图18所图示的电感-电容滤波器组件1400的一个特定实施例的阻抗与频率的关系的曲线图1900，该电感-电容滤波器组件1400具有与第二绝缘-导电带1403并联电耦合的第一绝缘-导电带1402。如从图19显而易见，这个特定实施例具有8.6MHz的谐振频率1902和在谐振频率1902处的约6600欧姆的峰阻抗。

[0085] 图20是通过电导体2026串联电耦合的第一电感-电容滤波器2000和第二电感-电容滤波器2001的透视图。附加的电导体2028和2030分别向第一电感-电容滤波器2000和第二电感-电容滤波器2001提供电接口。第一电感-电容滤波器2000包括第一绝缘-导电带2002，并且第二电感-电容滤波器2001包括第二绝缘-导电带2003。第一绝缘-导电带2002包括与导电带2010平行地绕缠绕轴2004缠绕的绝缘带2008，第二绝缘-导电带2003包括与导电带2011平行地绕缠绕轴2005缠绕的绝缘带2009。第一绝缘-导电带2002和第二绝缘-导电带2003中的每个具有例如类似于上面关于图1-图19讨论的一个或多个绝缘-导电带的构造。带阻特性可以在电感-电容滤波器2000和/或2001的设计和/或制造期间改变，例如，通过(1)改变第一绝缘-导电带2002和/或第二绝缘-导电带2003的匝数，(2)改变电感-电容滤波器2000和2001的内孔2020和2021的尺寸和/或形状，(3)改变绝缘带2008和/或绝缘带2009的厚度和/或介电性能，(4)改变导电带2010和/或导电带2011的厚度，和/或(5)和/或分别改变第一绝缘-导电带2002和第二绝缘-导电带2003的宽度2024和/或宽度2025，诸如以类似于上面关于图1-图19讨论的方式。此外，虽然第一绝缘-导电带2002和第二绝缘-导电带2003被图示为分别形成三匝2006和四匝2007，但是第一绝缘-导电带2002和第二绝缘-导电带2003的匝数可以变化，而不脱离本发明的范围。在图20中仅标记了匝2006和2007的

一些实例，以促进说明的清晰。此外，可以将电感-电容滤波器2000和/或2001修改为包括一个或多个附加的绝缘-导电带，而不脱离本发明的范围。而且，在不脱离本发明的范围的情况下，第一电感-电容滤波器2000和第二电感-电容滤波器2001可以并联电耦合。

[0086] 图21是串联电耦合的图20电感-电容滤波器2000和2001的一个特定实施例的阻抗与频率的曲线图2100。如从图21显而易见，这个特定实施例具有约2MHz的第一谐振频率2102和约26.6MHz的第二谐振频率2104。第一谐振频率2102是与第二电感-电容滤波器2001相关联的谐振频率，并且第二谐振频率2104是与第一电感-电容滤波器2000相关联的谐振频率。在第二谐振频率2104处，第一电感-电容滤波器2000的峰阻抗约为39250欧姆，而在第一谐振频率2102处，第二电感-电容滤波器2001的峰阻抗约为16095欧姆。

[0087] 上面讨论的任何电感-电容滤波器可以被修改为包括一个或多个附加的绝缘-导电带。例如，图22是包括三个绝缘-导电带2202的电感-电容滤波器组件2200的透视图，并且图23是沿着图22的线23A-23A截取的电感-电容滤波器组件2200的横截面图。每个绝缘-导电带2202类似于绝缘-导电带102。特别地，第一绝缘-导电带2202(1)包括与第一绝缘带2208(1)接合的第一导电带2210(1)，第二绝缘-导电带2202(2)包括与第二绝缘带2208(2)接合的第二导电带2210(2)，并且第三绝缘-导电带2202(3)包括与第三绝缘带2208(3)接合的第三导电带2210(3)。在一些实施例中，每个导电带2210包括电耦合到导电带的相对端的相对的第一和第二端子(未示出)。在图23中仅标出了绝缘-导电带2202、绝缘带2208和导电带2210的一些实例，以促进说明的清晰。绝缘-导电带2202的数量可以改变而不脱离本发明的范围。

[0088] 每个导电带2210例如被用作多通道带阻滤波器的单独通道，其中每个通道具有相似的带阻特性。带阻特性可以在电感-电容滤波器组件2200的设计和/或制造期间改变，例如，通过(1)改变绝缘-导电带2202的匝2206的数量，(2)改变电感-电容滤波器组件2200的内孔2220的尺寸和/或形状，(3)改变绝缘带2208的厚度和/或介电性能，(4)改变导电带2210的厚度，(5)和/或改变绝缘-导电带2202的宽度2224，诸如以类似于上面关于图1-图21所讨论的方式。在图22中仅标记了匝2206的两个实例以促进说明的清晰。

[0089] 在导电带2210并联电耦合的应用中，电感-电容滤波器组件2200具有类似于图3的近似电学模型。相反，图24图示了当导电带2210未并联电耦合时的电感-电容滤波器组件2000的近似电学模型2400。在这种应用中，电感-电容滤波器组件2200形成分别对应于绝缘-导电带2202(1)、2202(2)和2202(3)的三个通道2402、2404和2406，以使得每个绝缘-导电带2202形成相应的电感-电容滤波器。电容器2408、电感器2410和电阻器2412分别表示通道2402的电容、电感和电阻。电容器2414、电感器2416和电阻器2418分别表示通道2404的电容、电感和电阻。电容器2420、电感器2422和电阻器2424分别表示通道2406的电容、电感和电阻。电容器2426表示通道2402和通道2404之间的电容耦合，电容器2428表示通道2404和通道2406之间的电容耦合，并且电容器2430表示通道2402和通道2406之间的电容耦合。虽然为了说明简单起见，图24的电学模型2400将每个部件图示为分立元件，但是这些部件中的每个表示分布式元件。此外，模型2400不考虑高阶效应，诸如通过电容器的泄漏电流、电感器的电容或电容器的电感。

[0090] 虽然在图1、图2、图5-图15、图18、图20、图22和图23的图示中，绝缘带和导电带具有相同的宽度，但是绝缘带宽度与导电带宽度不需要是相同的。例如，图25是类似于图2的

电感-电容滤波器2500的横截面图，该电感-电容滤波器2500类似于图1电感-电容滤波器，但是包括绝缘带2508代替绝缘带108。绝缘带2508的宽度2516大于导电带110的宽度116，诸如为了减小导电带110的相邻部分的意外短路的可能性。

[0091] 电感-电容滤波器100、500、600、700、800、900、1100、1300、1405、1407、2000、2001、2200和2500没有显式磁芯，换句话说，这些电感-电容滤波器具有“空气”芯。但是，本文中公开的任何电感-电容滤波器可以被修改为包括由磁性材料形成的显式磁芯，该磁性材料包括但不限于铁氧体磁性材料或铁粉磁性材料。可以形成部分磁通路径或完整磁通路径的磁芯影响电感-电容滤波器的谐振频率。特别地，电感随着电感-电容滤波器的磁通路径的磁阻减小而增大，而增加电感减小滤波器的谐振频率。因此，可以通过改变形成磁芯的磁性材料的磁导率来调谐具有给定磁芯的电感-电容滤波器的谐振频率，以使得谐振频率随着磁性材料的磁导率的增加而降低。

[0092] 图26图示了电感-电容滤波器2600的透视图，该电感-电容滤波器2600类似于图1的电感-电容滤波器100，但是还包括布置在内孔120中的杆型磁芯2628。杆型磁芯2628仅形成部分磁通路径，或者换句话说，杆型磁芯2628不形成绕谐振带102的闭合路径。但是，杆型磁芯2628显著降低了电感-电容滤波器2600的磁通路径的磁阻，以使得电感-电容滤波器2600具有比图1的电感-电容滤波器100更低的谐振频率。第一端子134和第二端子136未在图26中示出，以促进说明的清晰。

[0093] 图27-图29各自图示了具有形成完整磁路的磁芯(或者换句话说，具有形成绕电感-电容滤波器的绝缘-导电带的闭合路径的磁芯)的电感-电容滤波器的相应示例。特别地，图27图示了类似于图1的电感-电容滤波器100但是还包括磁芯2728的电感-电容滤波器2700的透视图。磁芯2728包括延伸通过内孔120的内柱(在图27中不可见)和连接内柱的相对端的外部部分。在一些实施例中，磁芯2728由两个“E”芯形成，并且在一些其它实施例中，磁芯2728由“I”芯和“E”芯形成。磁芯2728提供的磁通路径比图26的磁芯2628提供的磁通路径的磁阻更低，并且因此，图27的电感-电容滤波器2700将具有比图26的电感-电容滤波器2600的谐振频率低的谐振频率。第一端子134和第二端子136未在图27中示出，以促进说明的清晰。

[0094] 图28图示了电感-电容滤波器2800的透视图，该电感-电容滤波器2800类似于图1的电感-电容滤波器100，但还包括磁芯2828。在一些实施例中，磁芯2828由两个“U”芯形成，并且在一些其它实施例中，磁芯2828由“I”芯和“U”芯形成。磁芯2828提供的磁通路径比图26的磁芯2628提供的磁通路径的磁阻更低，并且因此，图28的电感-电容滤波器2800将具有比图26的电感-电容滤波器2600的谐振频率更低的谐振频率。第一端子134和第二端子136未在图28中示出，以促进说明的清晰。

[0095] 图29图示了电感-电容滤波器2900的透视图，该电感-电容滤波器2900类似于图1的电感-电容滤波器100，但还包括磁芯2928。磁芯2928类似于图27的磁芯2728，但是具有圆形的外部部分，该外部部分连接延伸通过内孔120的内柱(在图29中不可见)的相对端。在一些实施例中，磁芯2928由两个罐芯形成。磁芯2928提供的磁通路径比图26的磁芯2628、图27的磁芯2728或图28的磁芯2828提供的磁通路径的磁阻更低，并且因此，图29的电感-电容滤波器2900将具有比图26的电感-电容滤波器2600、图27的电感-电容滤波器2700或图28的电感-电容滤波器2800中的任一个更低的谐振频率。第一端子134和第二端子136未在图29中

示出，以促进说明的清晰。

[0096] 本文中公开的电感-电容滤波器的一种可能应用是在电路中，诸如为了实施带阻滤波器，该带阻滤波器阻挡具有在滤波器的谐振频率周围的某个频带内的频率的信号，同时传输远离谐振频率的信号。例如，图30图示了电路3000，该电路3000包括与交流(AC)电源3002和负载3004串联电耦合的电感-电容滤波器100的实例。电路3000例如是半导体处理系统的一部分。在某些实施例中，电源3002表示AC电网(例如，以50或60赫兹操作)、AC发电机、逆变器、振荡器、音频放大器或射频放大器，而负载3004表示线性负载(例如，电阻性、电感性和/或电容性负载)或非线性负载(例如，开关电源负载)。在电路3000中，电感-电容滤波器100的导电带110的第一端130在第一节点3006处经由第一端子134电耦合到电源3002，并且导电带110的第二端132在第二节点3008处经由端子136电耦合到负载3004。因此，导电带110的第一端130和第二端132电耦合到电路3000的不同的相应节点3006和3008。在这个特定应用中，电感-电容滤波器100阻挡在滤波器100的谐振频率附近的特定频带内的信号传输，诸如为了防止传输由电源3002或由负载3004生成的不期望信号。电感-电容滤波器100被调谐为例如具有接近或等于不期望信号的频率的谐振频率，以使得电感-电容滤波器100在这个频率处具有高阻抗，从而基本上阻挡不期望信号在电路3000中的传输。

[0097] AC电源3002可以用直流(DC)电源代替，而不脱离本发明的范围。例如，图31图示了电路3100，该电路3100类似于图30的电路3000，但是AC电源3002被直流(DC)电源3102代替。DC电源3102例如是DC电源母线、电源、电池或一个或多个光伏电池。

[0098] 在特定实施例中，负载3004是电源，该电源以频率f_1生成AC输出信号，以便为外部电路系统(未示出)供电。这个电源对来自AC电源3002或DC电源2802的具有频率f_1的噪声敏感，因而，对电感-电容滤波器100进行调谐以阻止具有频率f_1的信号的传输。

[0099] 在不脱离本发明的范围的情况下，可以修改电路3000和3100以便用本文中公开的任何其它电感-电容滤波器替换电感-电容滤波器100。此外，可以在不脱离本发明范围的情况下修改电路3000和2100的拓扑。例如，可以修改电路3000，以使得电感-电容滤波器100与电源3002和负载3104中的每个并联电耦合，以分流除具有接近于电感-电容滤波器100的谐振频率的频率的信号之外的所有信号。

[0100] 图32图示了电路3200，该电路3200包括电感-电容滤波器组件2200的实例、AC电源3202、第一负载3204、第二负载3206和第三负载3208。电感-电容滤波器组件2200的第一通道2402电耦合在AC电源3202和电路3200的第一分支3210中的第一负载3204之间，电感-电容滤波器组件2200的第二通道2404电耦合在AC电源3202和电路3200的第二分支3212中的第二负载3206之间，以及电感-电容滤波器组件2200的第三通道2406电耦合在AC电源3202和电路3200的第三分支3208中的第三负载3208之间。电路3200例如是半导体处理系统的一部分。在不脱离本发明范围的情况下，AC电源3202可以用DC电源代替。

[0101] 在特定实施例中，第一负载3204是第一电源，该第一电源以第一频率f_1生成AC输出信号，以便为外部电路系统(未示出)供电，第二负载3206是第二电源，该第二电源以第二频率f_2生成AC输出信号，以便为外部电路系统(未示出)供电，并且第三负载3208是第三电源，该第三电源以第三频率f_3生成AC输出信号，以便为外部电路系统(未示出)供电。第一、第二和第三电源对来自AC电源3202的分别具有频率f_1、频率f_2和频率f_3的噪声敏感。因而，在这个应用中，电感-电容滤波器2200的第一通道2402被调谐以阻挡具有频率f_1的信号的

传输，电感-电容滤波器2200的第二通道2404被调谐以阻挡具有频率f_2的信号的传输，并且电感-电容滤波器2200的第三通道2406被调谐以阻挡具有频率f_3的信号的传输。

[0102] 图33图示了电路3300，该电路3300包括电感-电容滤波器组件1400的实例、AC电源3302、负载3304。组件1400的第一电感电容滤波器1405和第二电感电容滤波器1407与AC电源3302和负载3304串联电耦合。电路3300例如是半导体处理系统的一部分。在不脱离本发明的范围的情况下，AC电源3302可以用DC电源代替。

[0103] 在特定实施例中，负载3304对来自AC电源3302的具有频率f_1的噪声和来自AC电源3302的具有频率f_2的噪声敏感。因而，在这个应用中，第一电感-电容滤波器1405被调谐以阻挡具有频率f_1的信号的传输，并且第二电感-电容滤波器1407被调谐以阻挡具有频率f_2的信号的传输。

[0104] 可以在不脱离本发明的范围的情况下对上面电感-电容滤波器、系统和相关联的方法进行改变。因此应当注意的是，上面描述中包含的以及附图中所示的内容应当被解释为说明性的，而不是限制性的。以下权利要求书意图覆盖本文中描述的一般和具体特征，以及所述过滤器、方法和系统的范围的所有陈述，就语言而言，可以认为它们介于两者之间。

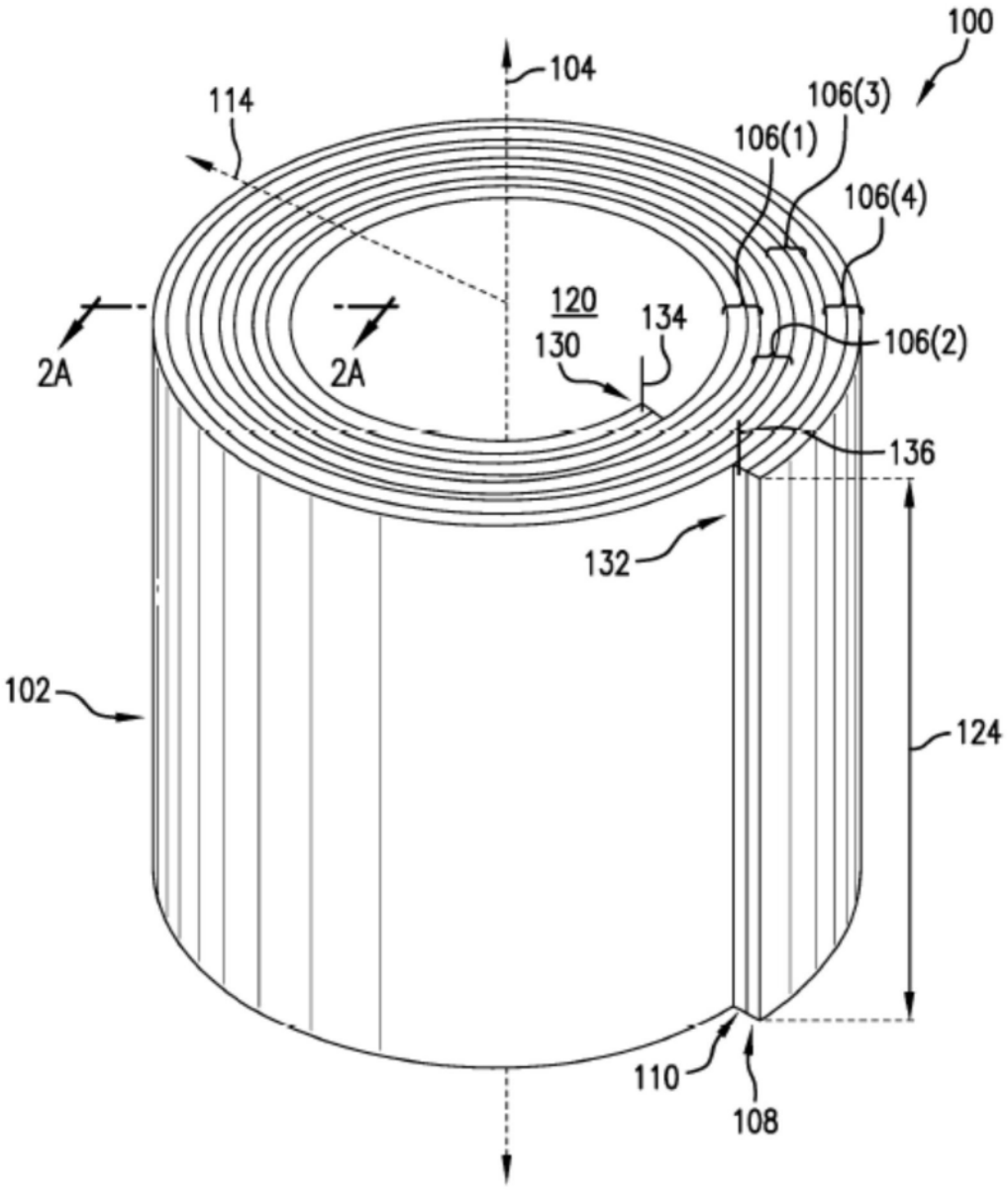

100
104
114
106(3)
106(1)
106(4)
120
134
130
106(2)
2A
2A
136
132
102
124
110
108

图1

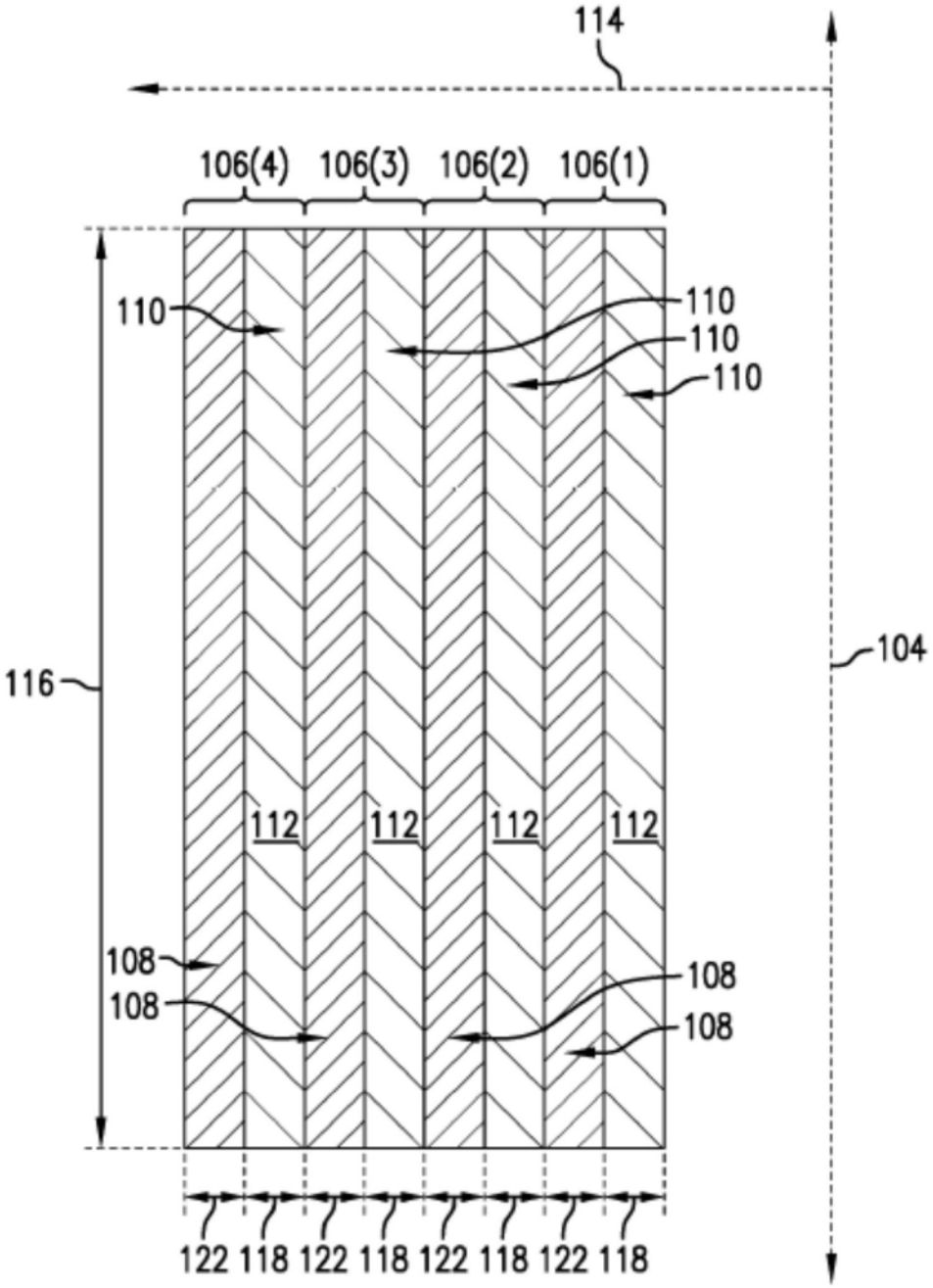

114
106(4)
106(3)
106(2)
106(1)
110
110
110
110
116
104
112
112
112
112
108
108
108
108
122
118
122
118
122
118
122
118

图2

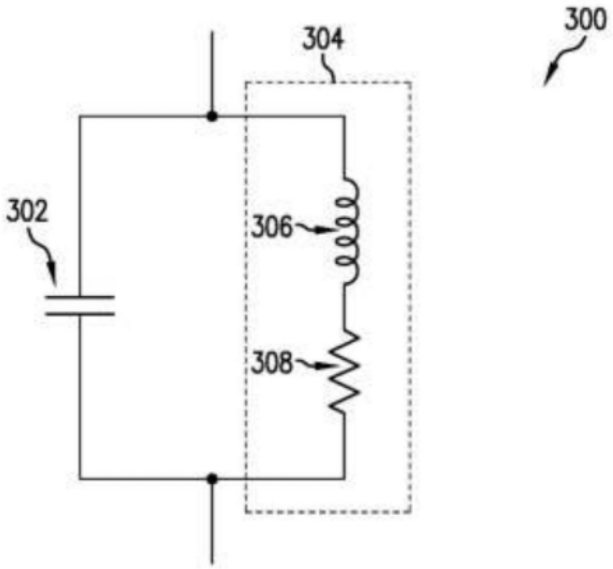

300
304
302
306
308

图3

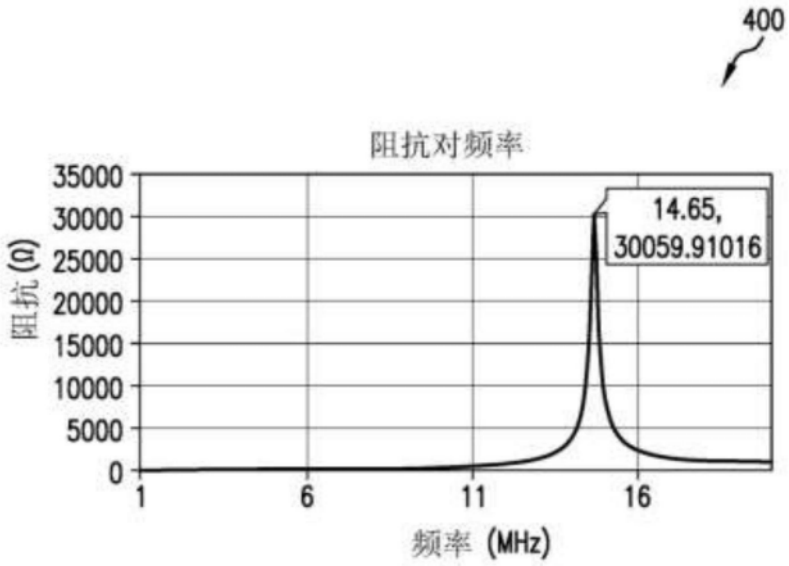

400
阻抗对频率
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
阻抗 (Ω)
1
6
11
16
频率 (MHz)
14.65,
30059.91016

图4

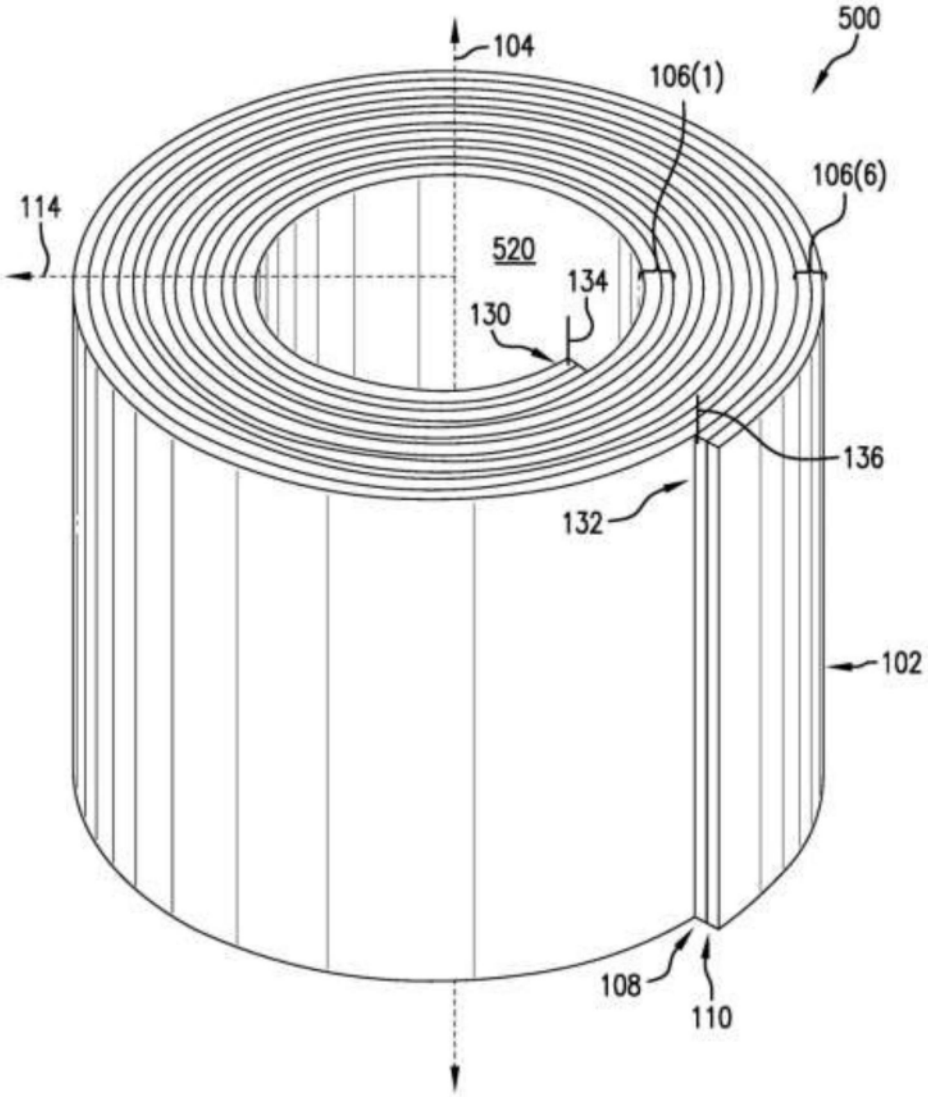


图5

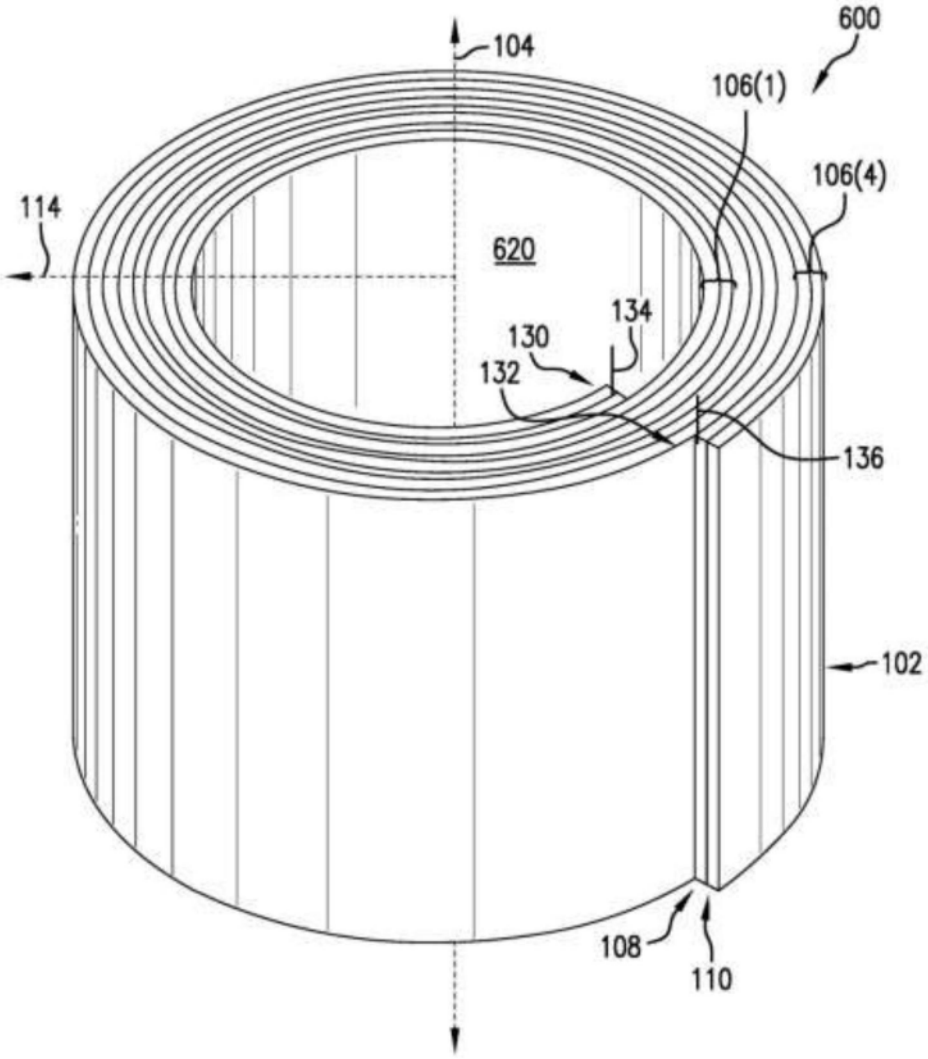


图6

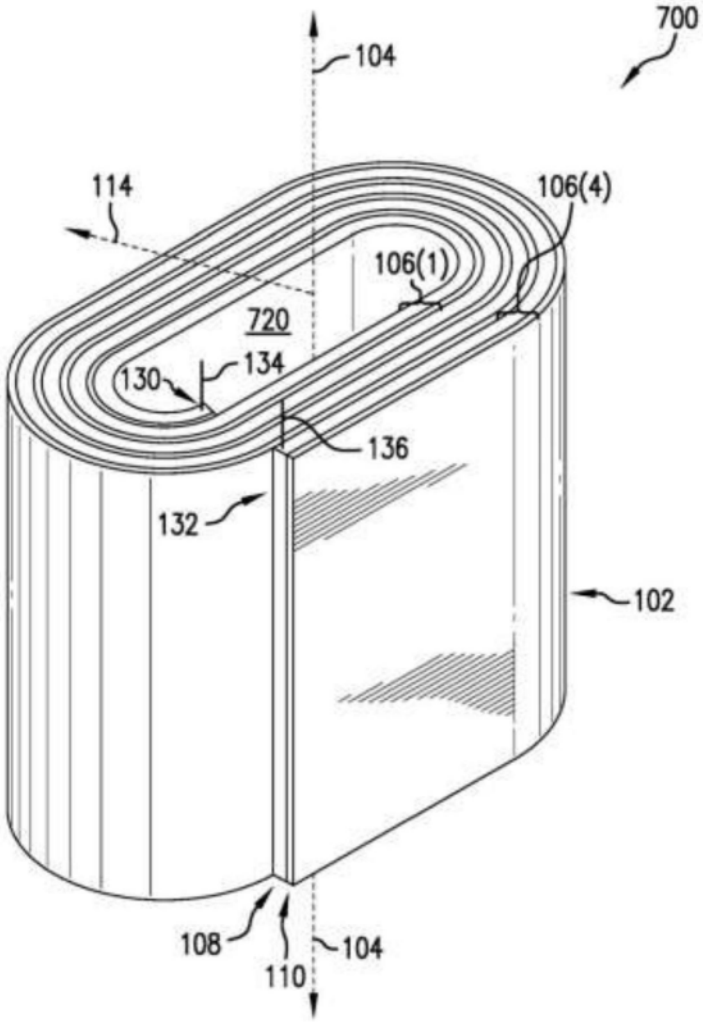


图7

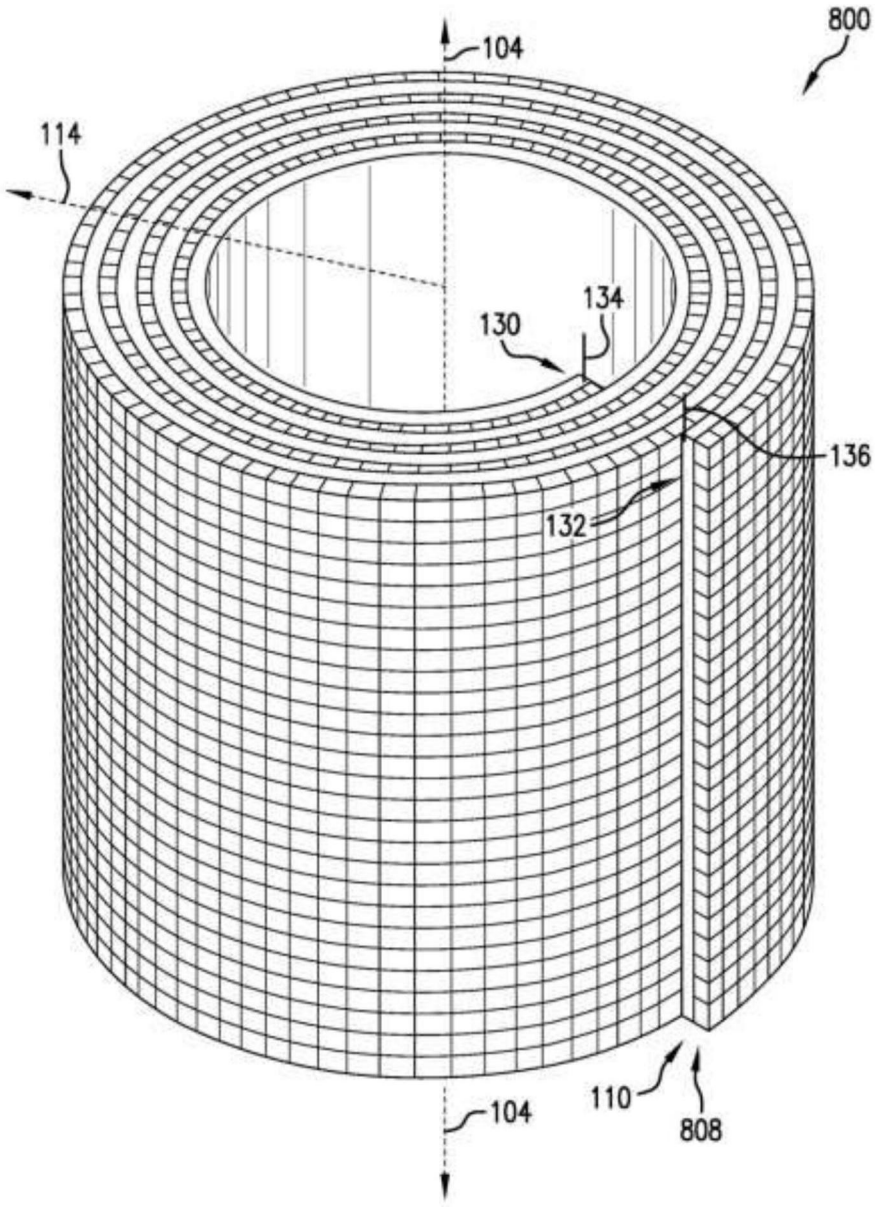


图8

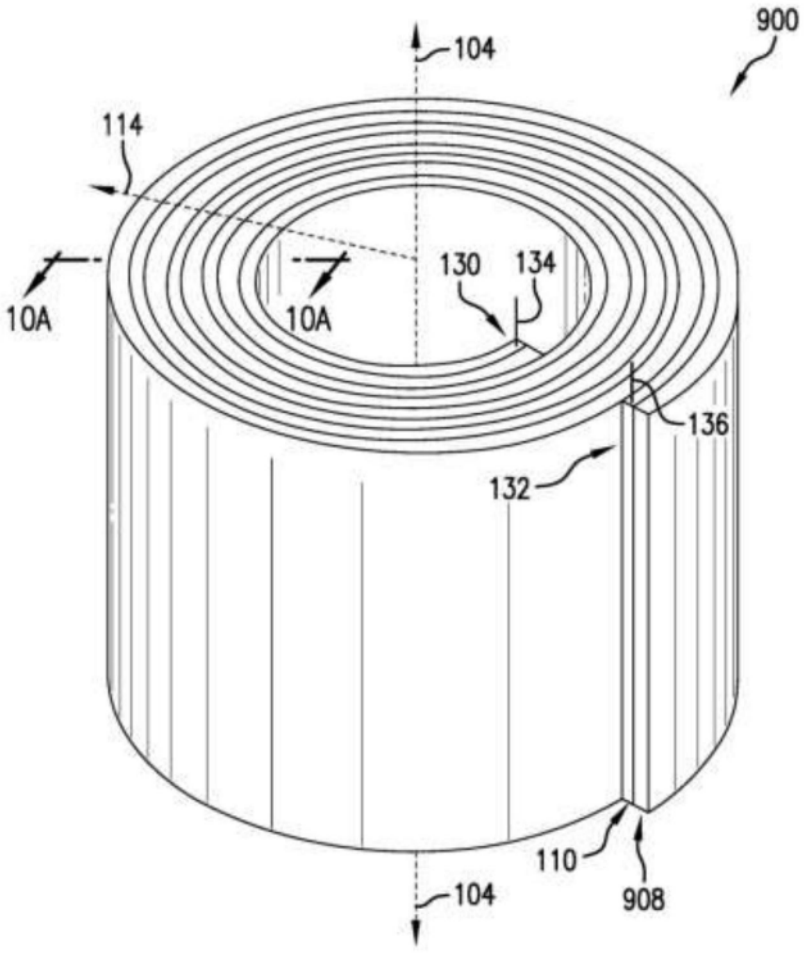


图9

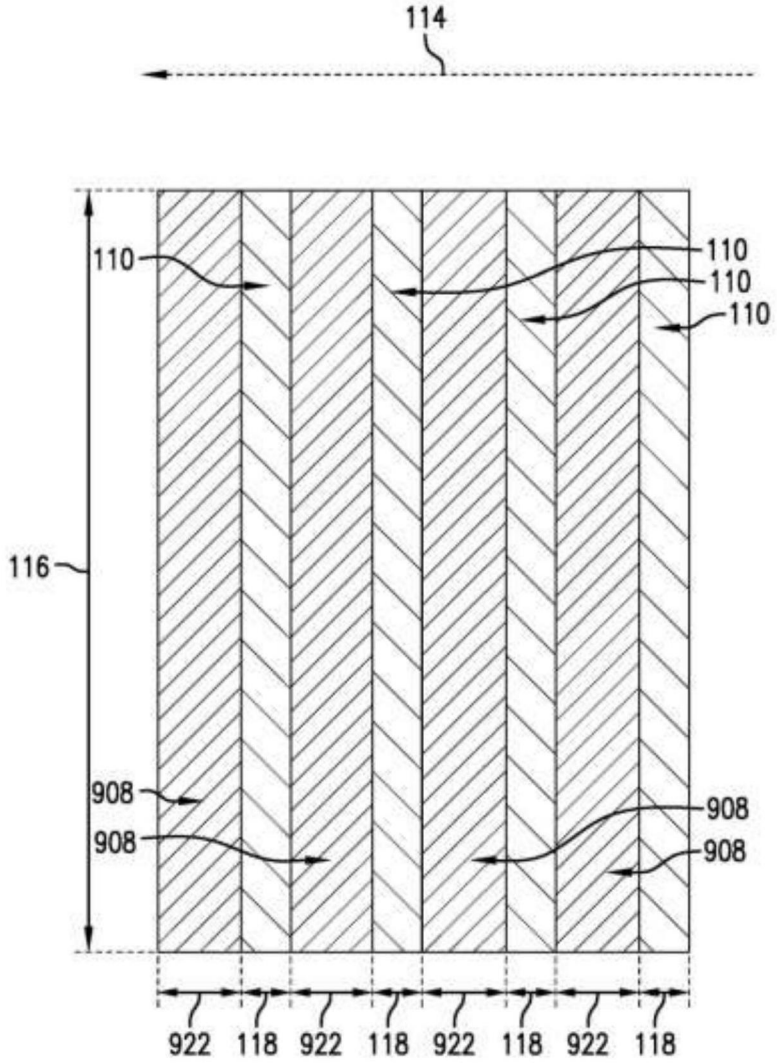

114
110
110
110
110
116
908
908
908
908
922
118
922
118
922
118
922
118

图10

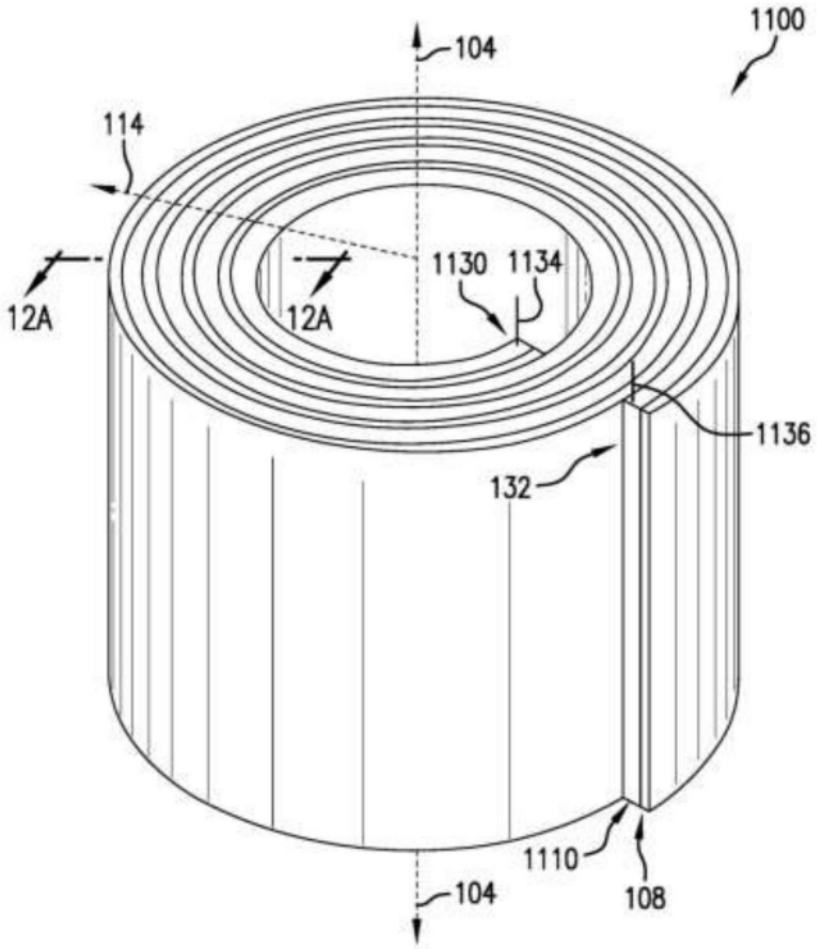


图11

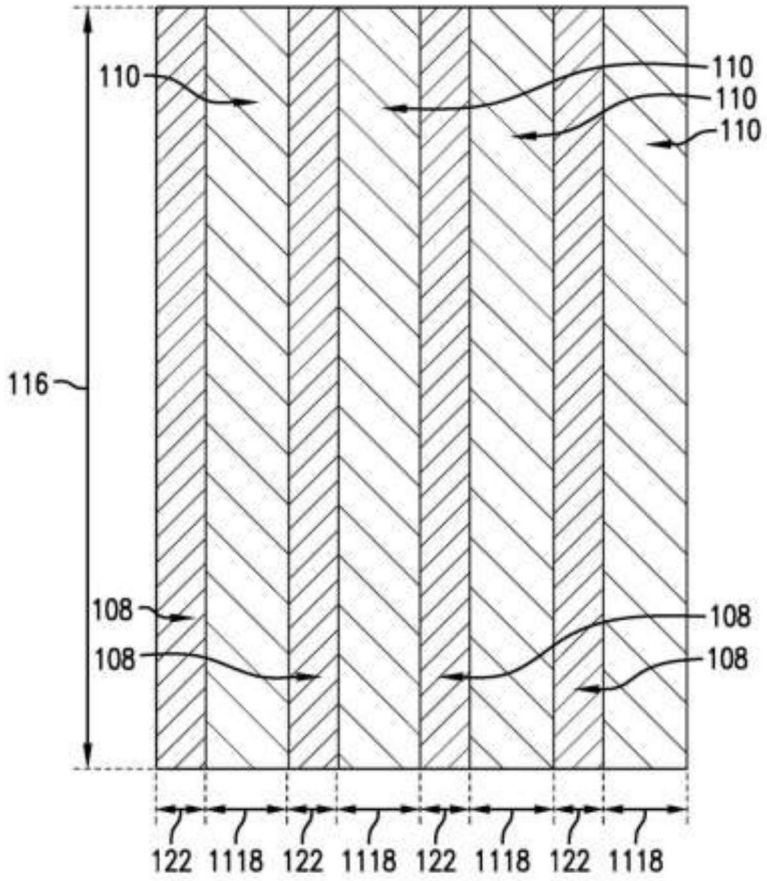

110
110
110
110
116
108
108
108
108
122
1118
122
1118
122
1118
122
1118

图12

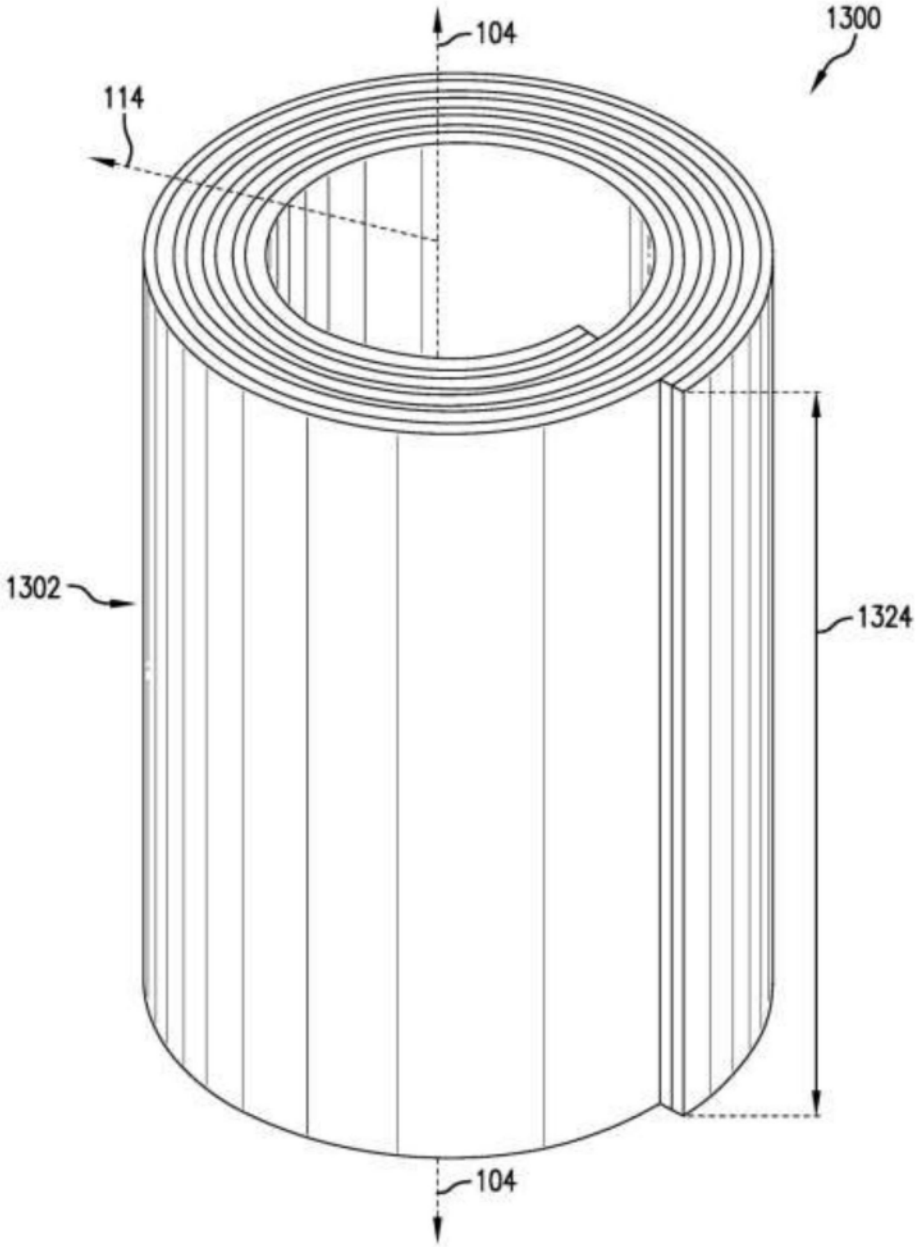


图13

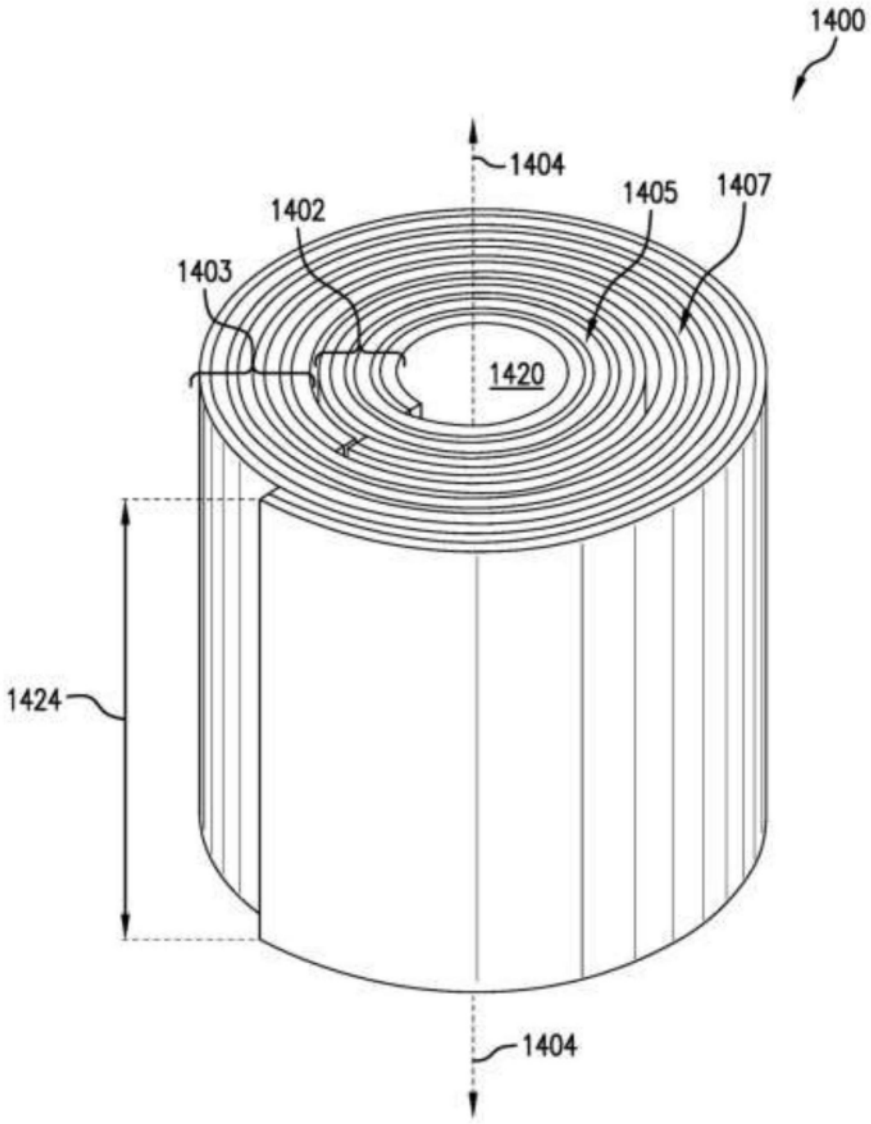


图14

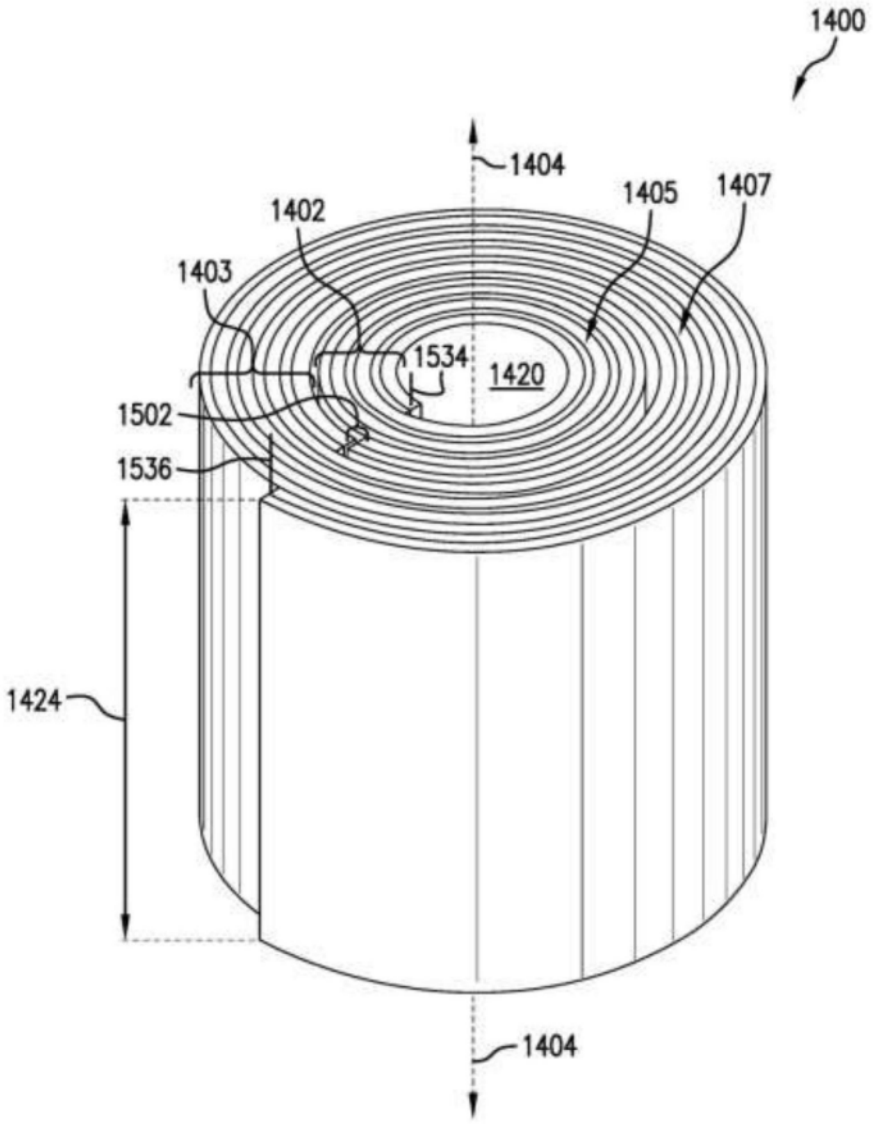


图15

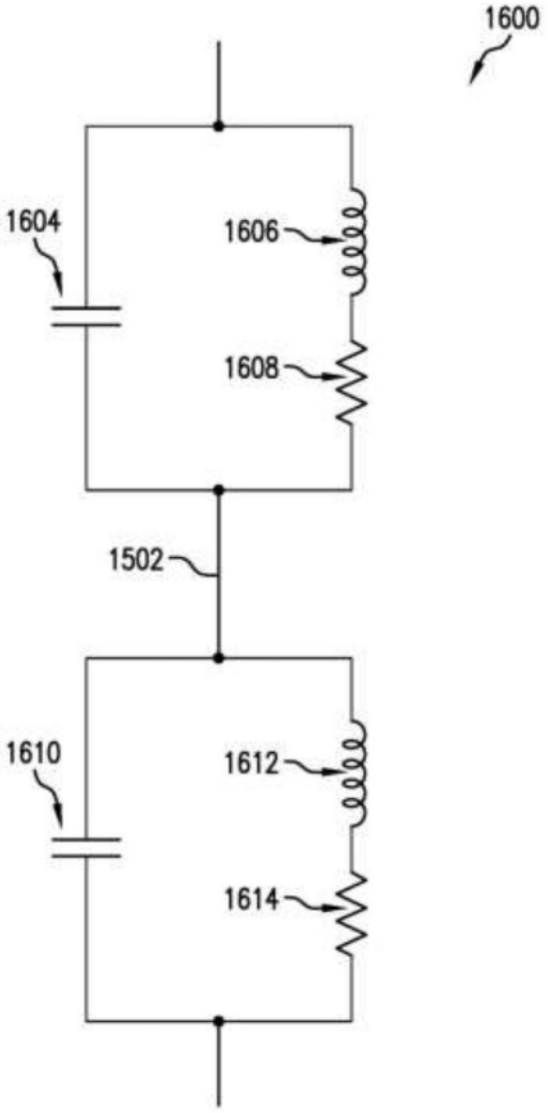


图16

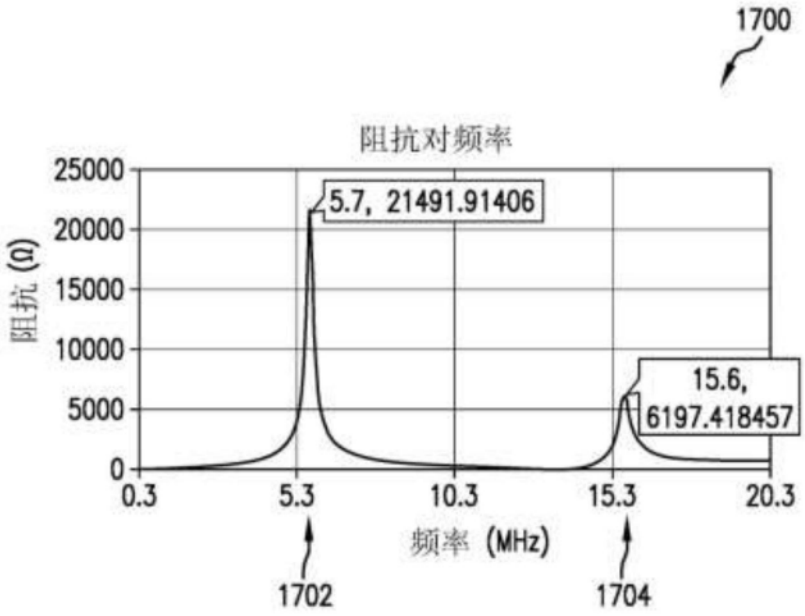

1700
阻抗对频率
25000
20000
15000
10000
5000
0
阻抗 (Ω)
5.7, 21491.91406
15.6,
6197.418457
0.3
5.3
10.3
15.3
20.3
频率 (MHz)
1702
1704

图17

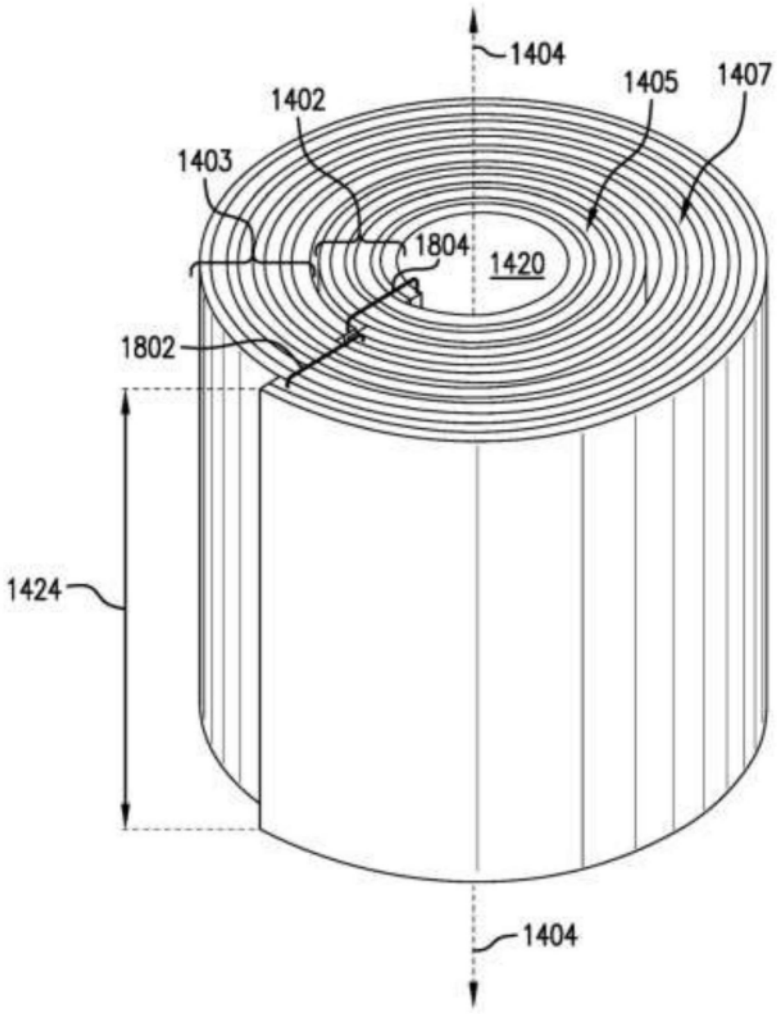


图18

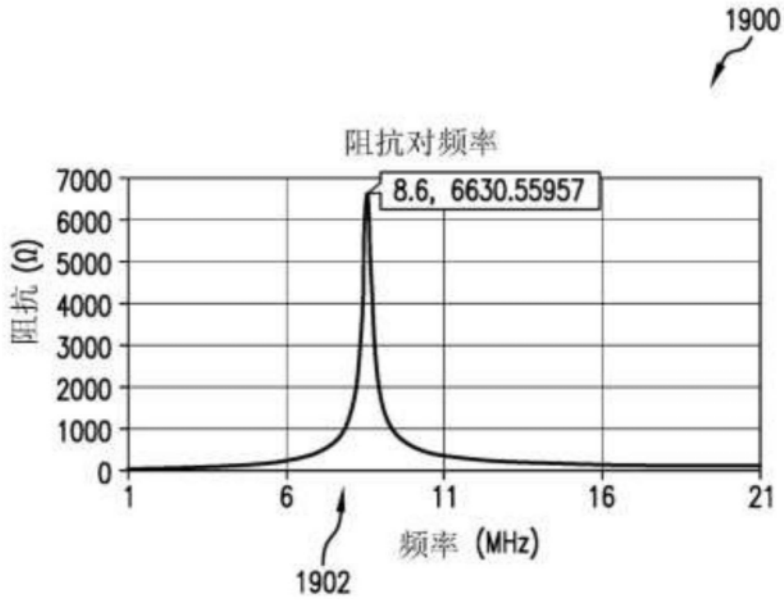

1900
阻抗对频率
8.6, 6630.55957
阻抗 (Ω)
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
1
6
11
16
21
频率 (MHz)
1902

图19

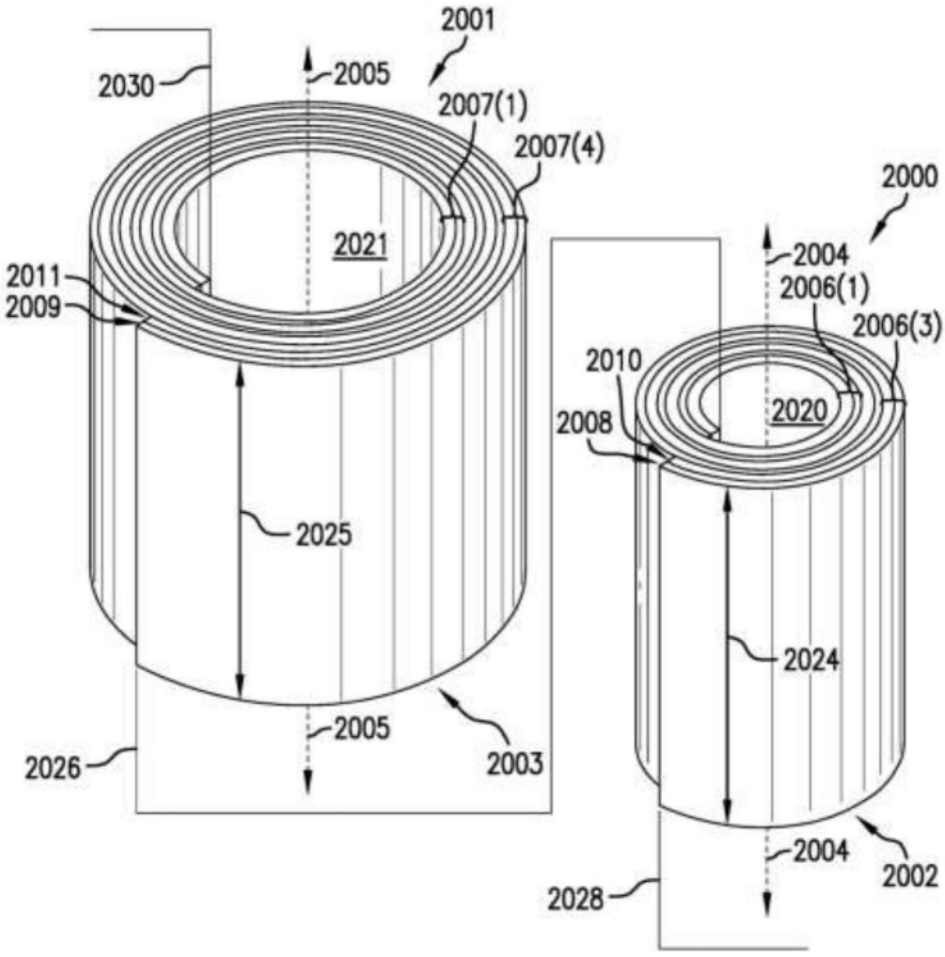

2001
2030
2005
2007(1)
2007(4)
2021
2011
2009
2025
2026
2005
2003
2000
2004
2006(1)
2006(3)
2010
2020
2008
2024
2004
2002
2028

图20

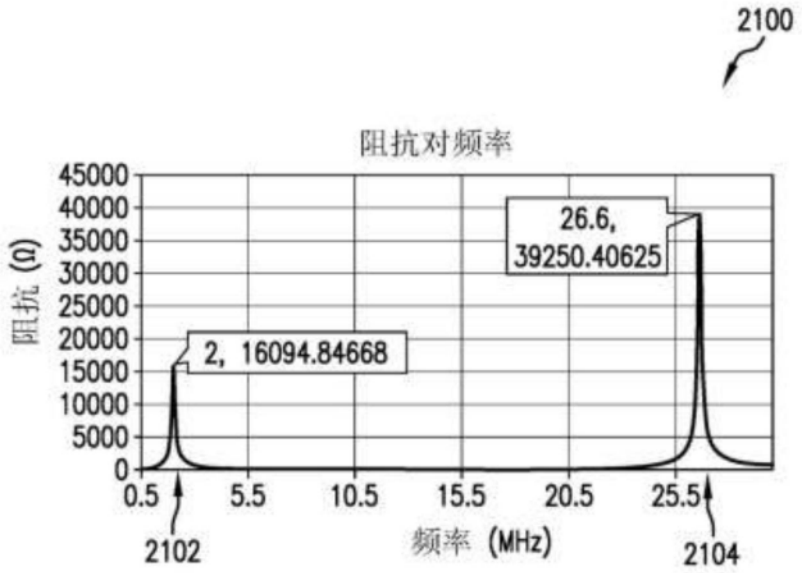

2100
阻抗对频率
阻抗 (Ω)
45000
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
2, 16094.84668
26.6,
39250.40625
0.5
5.5
10.5
15.5
20.5
25.5
频率 (MHz)
2102
2104

图21

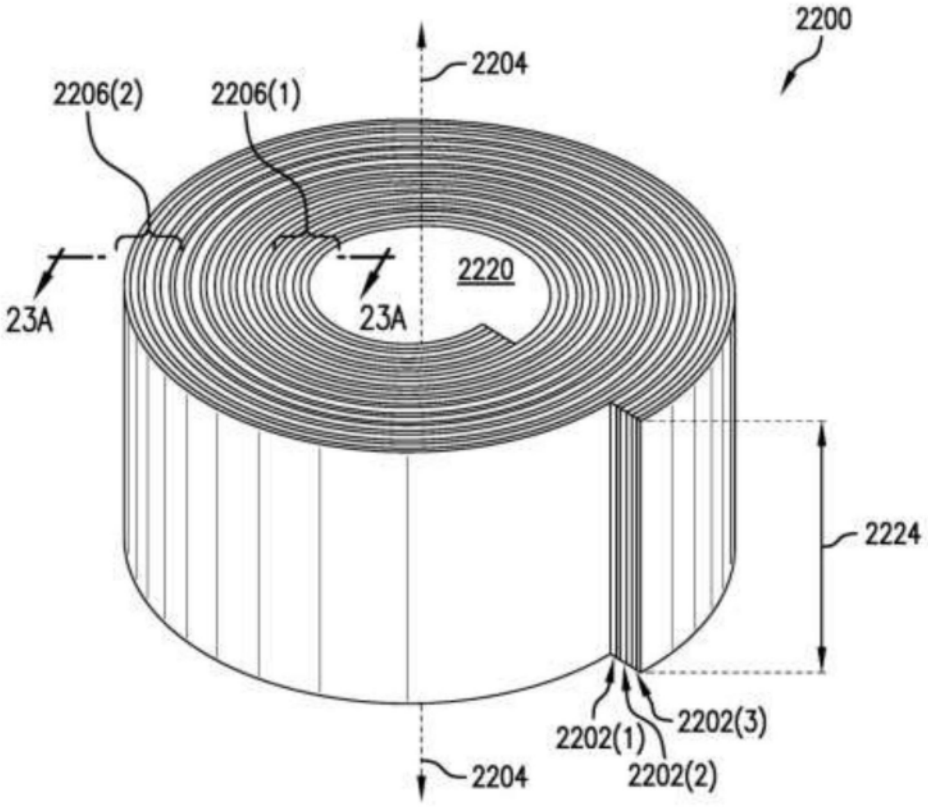

2200
2204
2206(2)
2206(1)
23A
23A
2220
2224
2202(1)
2202(3)
2202(2)
2204

图22

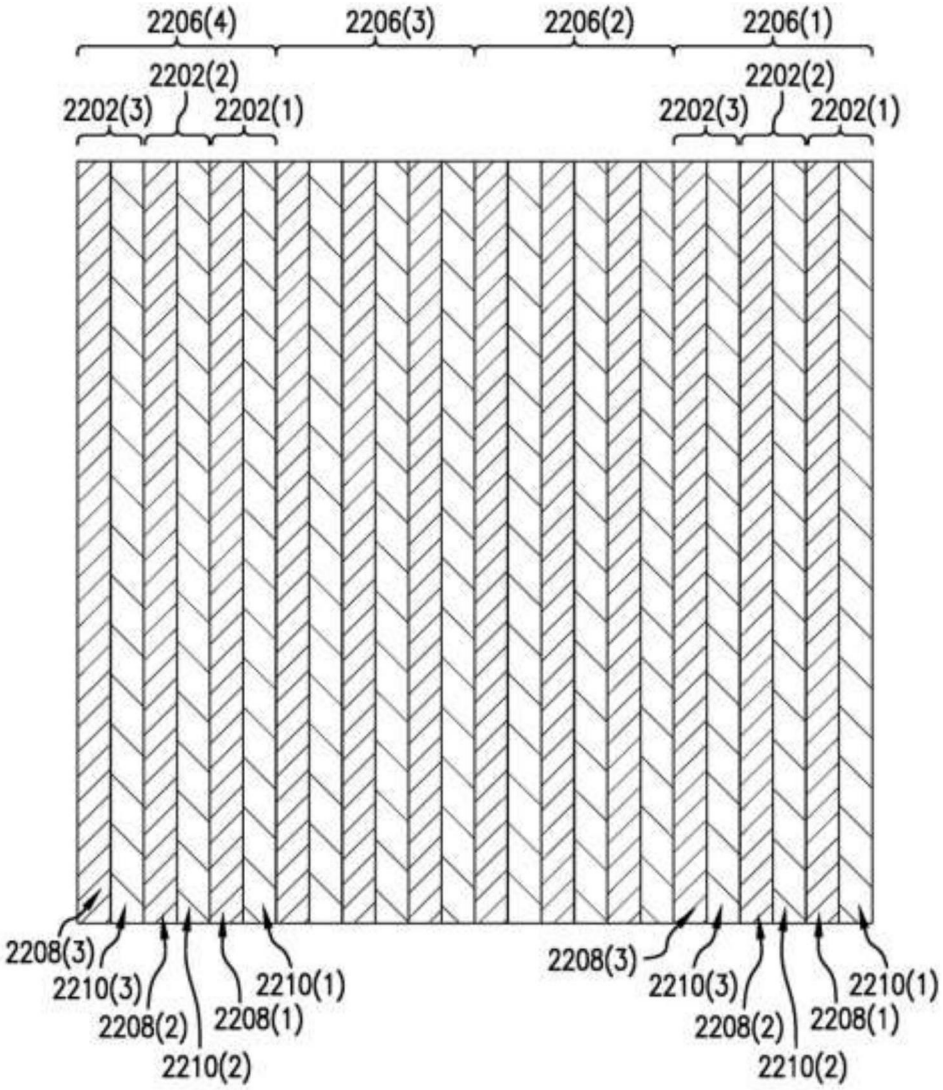

2206(4)
2206(3)
2206(2)
2206(1)
2202(2)
2202(3)
2202(1)
2202(2)
2202(3)
2202(1)
2208(3)
2210(3)
2208(2)
2210(2)
2208(1)
2210(1)
2208(3)
2210(3)
2208(2)
2210(2)
2208(1)
2210(1)

图23

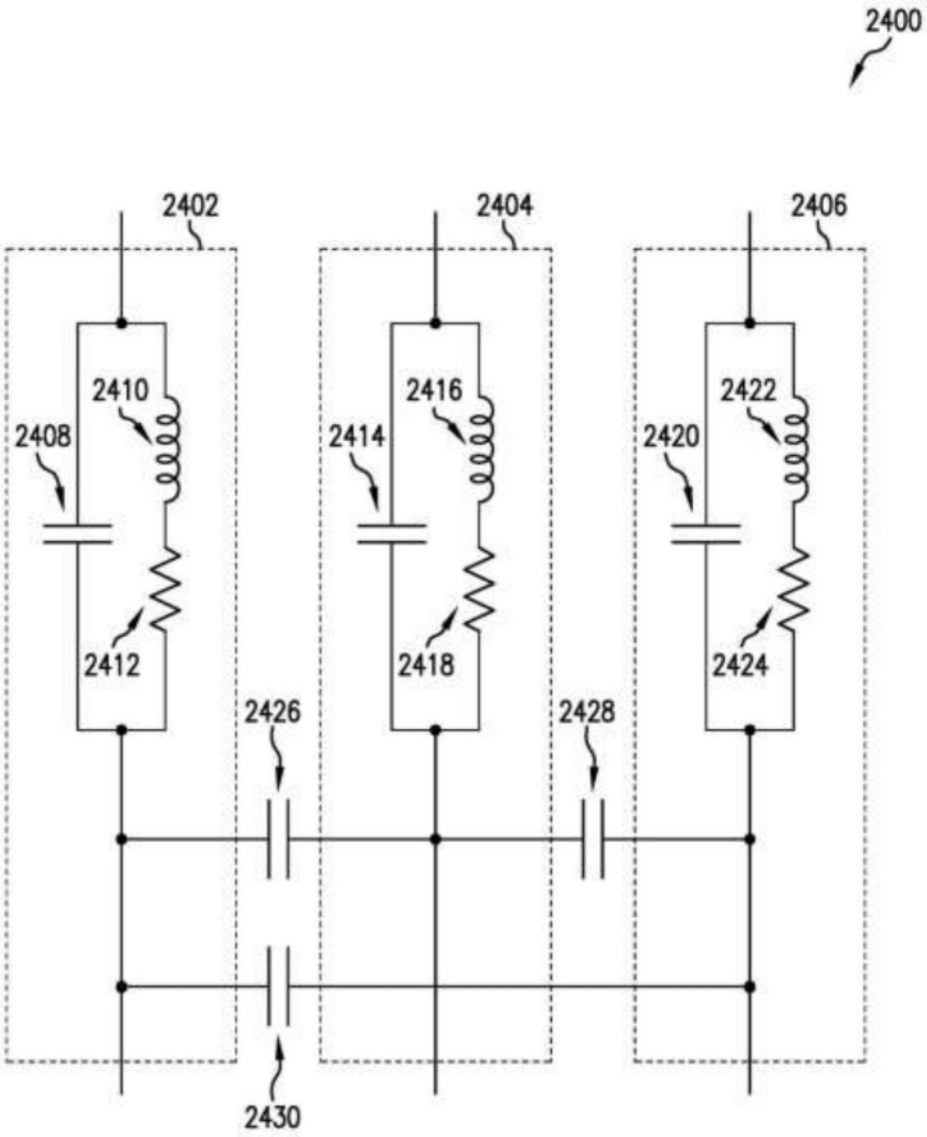

2400
2402
2404
2406
2408
2410
2412
2414
2416
2418
2420
2422
2424
2426
2428
2430

图24

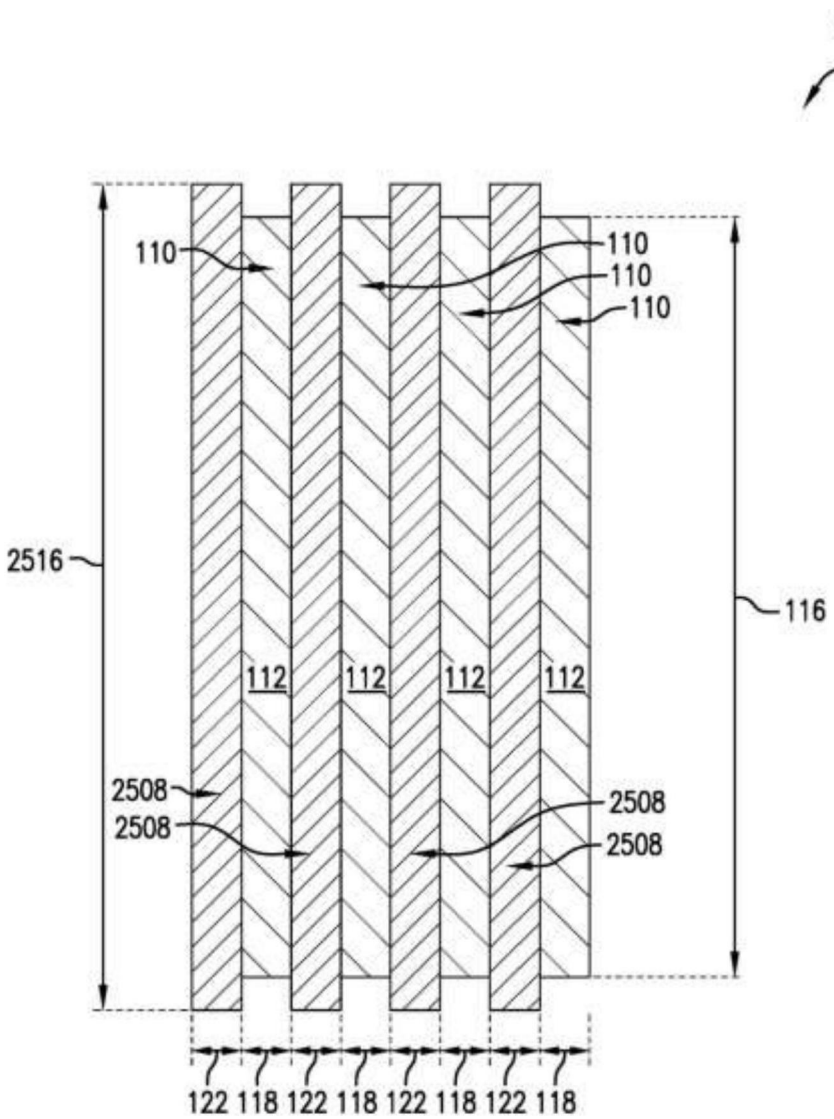

2500
110
110
110
110
2516
116
112
112
112
112
2508
2508
2508
2508
122 118 122 118 122 118 122 118

图25

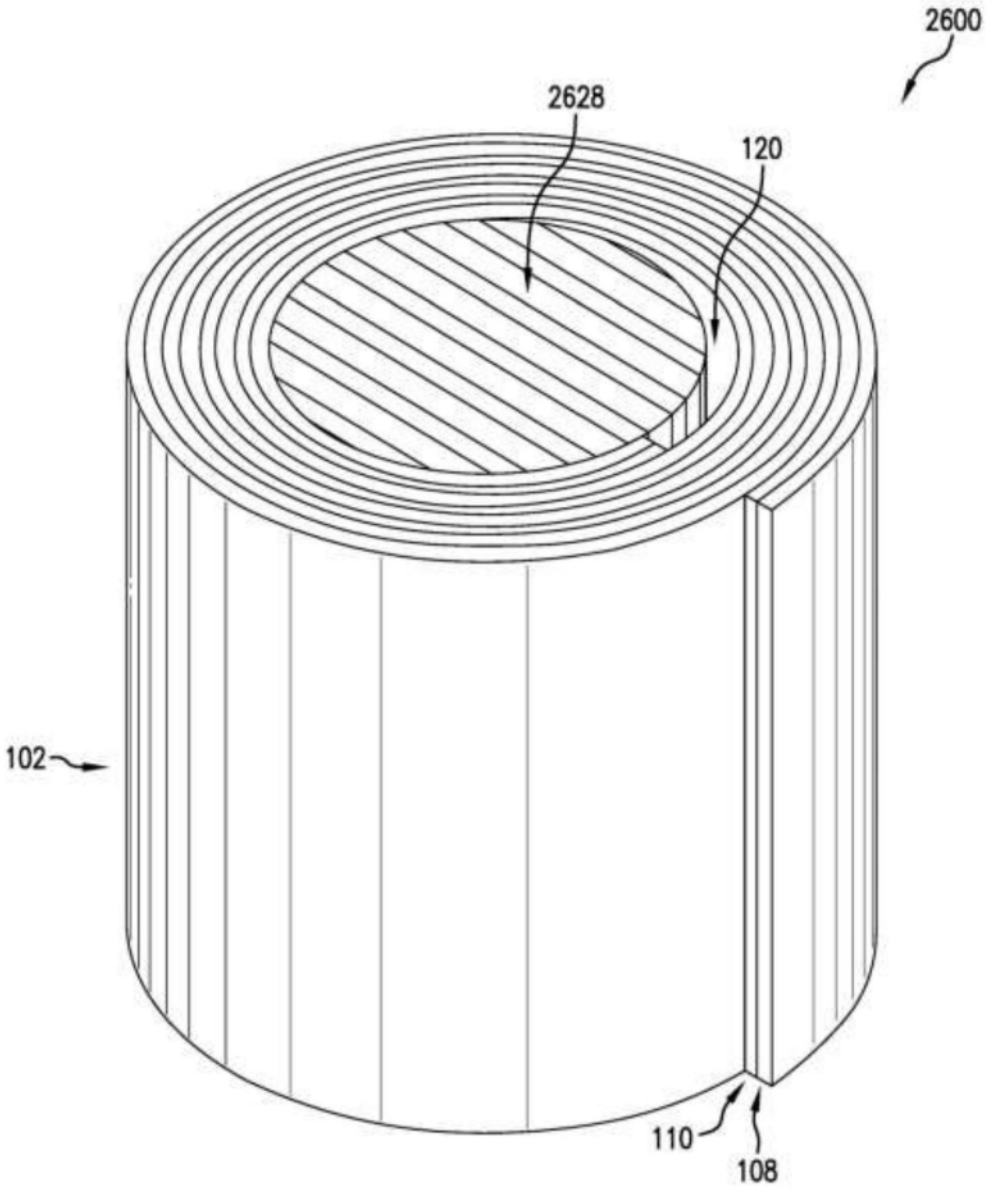


图26

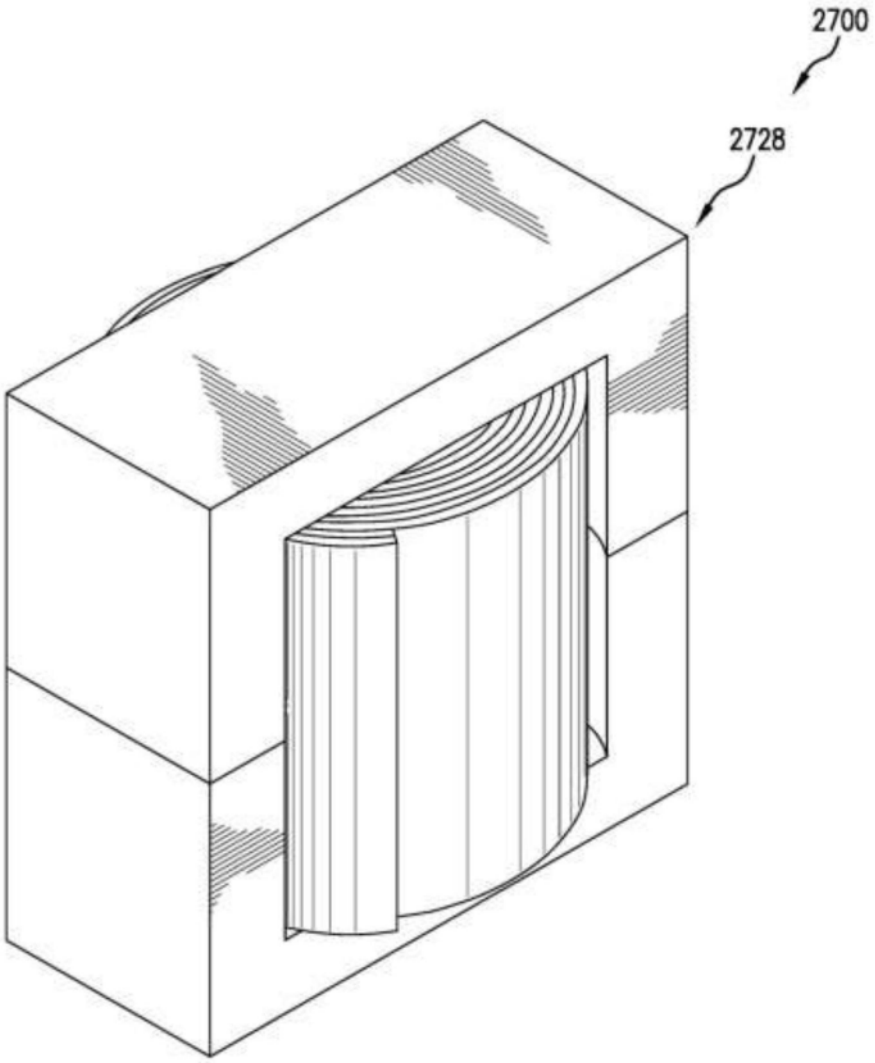


图27

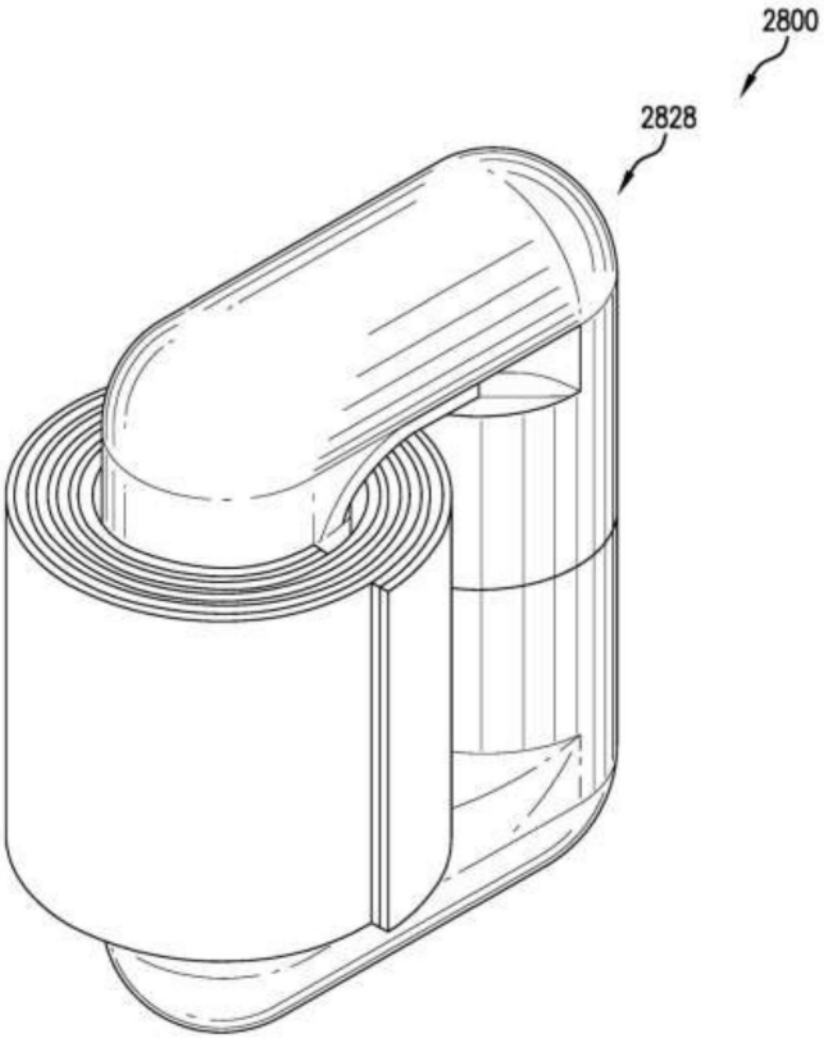


图28

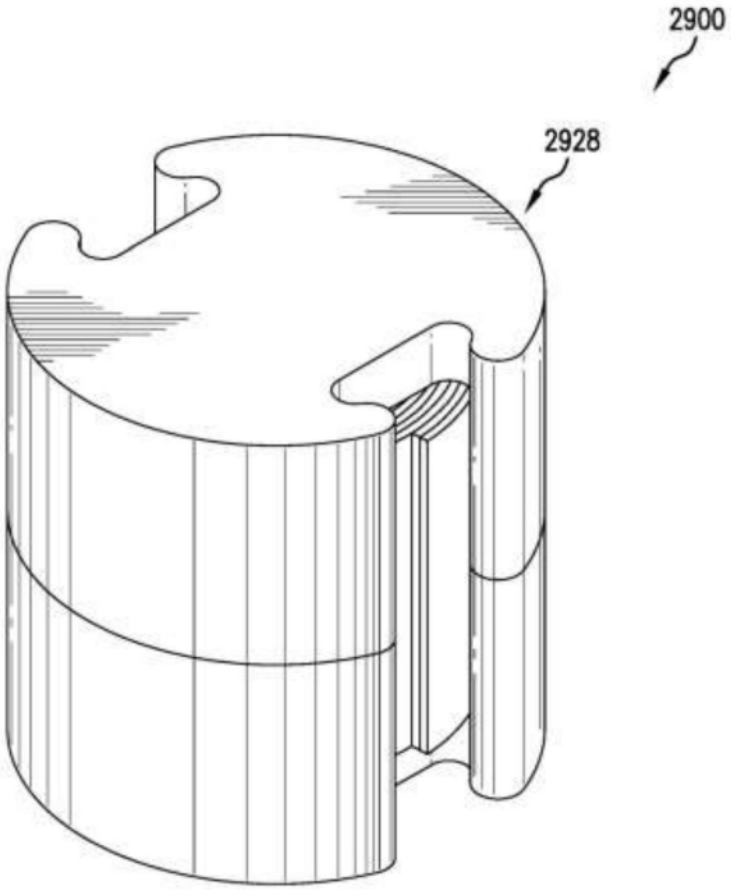


图29

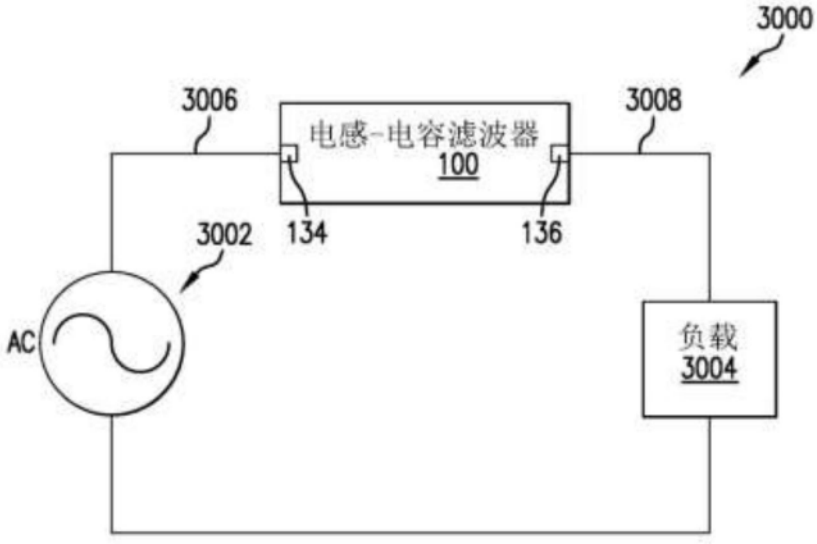


图30

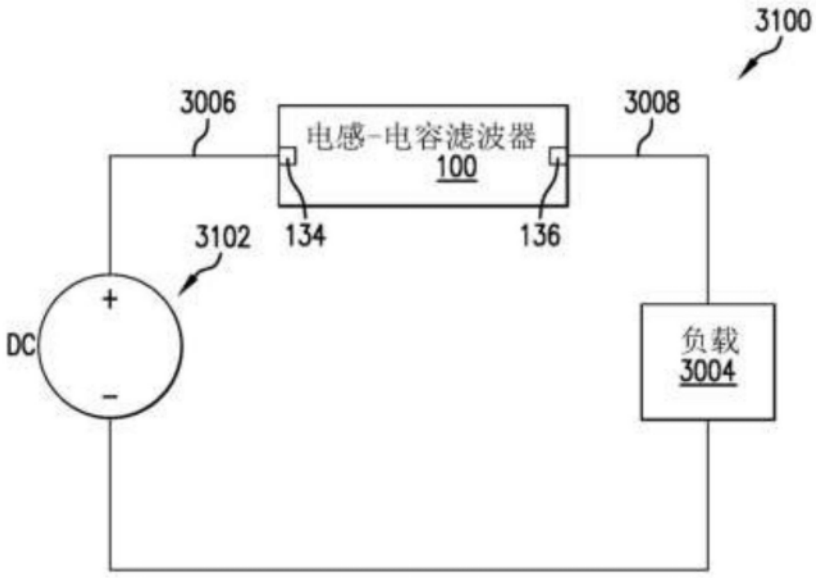


图31

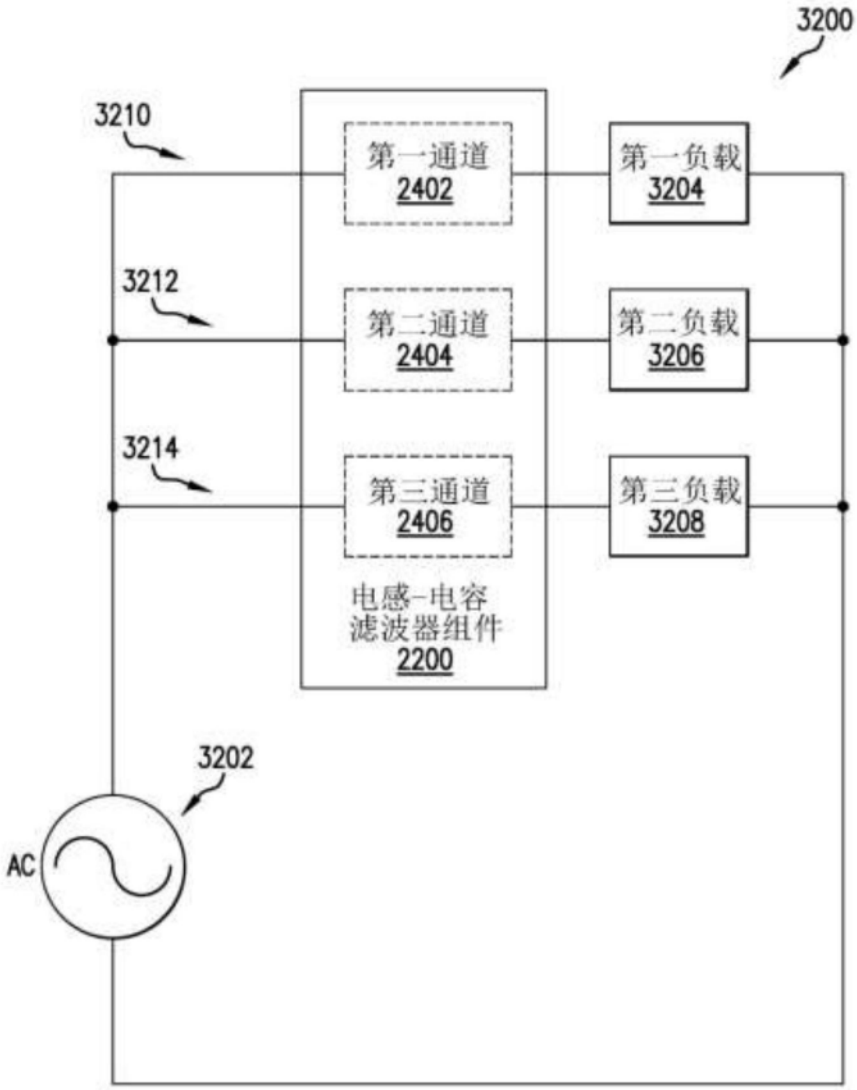

3200
3210
第一通道
2402
第一负载
3204
3212
第二通道
2404
第二负载
3206
3214
第三通道
2406
第三负载
3208
电感-电容
滤波器组件
2200
3202
AC

图32

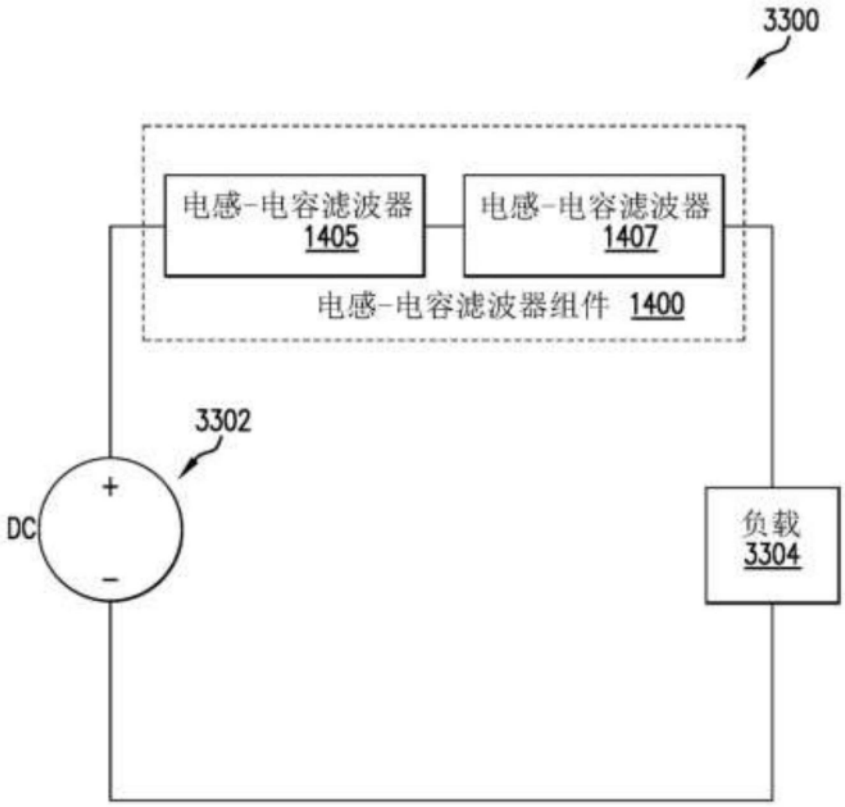

3300
电感-电容滤波器
1405
电感-电容滤波器
1407
电感-电容滤波器组件 1400
3302
DC
+
-
负载
3304

图33