



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114824749 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 18

(21) 申请号 202110087334.7

H01Q 1/22 (2006.01)

(22) 申请日 2021.01.22

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 111934089 A, 2020.11.13

申请公布号 CN 114824749 A

CN 112005436 A, 2020.11.27

CN 206412485 U, 2017.08.15

(43) 申请公布日 2022.07.29

US 2019044218 A1, 2019.02.07

(73) 专利权人 华为技术有限公司

US 7236132 B1, 2007.06.26

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华

WO 2017181376 A1, 2017.10.26

为总部办公楼

WO 2019196102 A1, 2019.10.17

(72) 发明人 蔡智宇 许志玮 李建铭 宇恩佐

审查员 李安

(74) 专利代理机构 北京龙双利达知识产权代理

有限公司 11329

专利代理师 张卿 毛威

(51) Int. Cl.

H01Q 1/36 (2006.01)

H01Q 1/52 (2006.01)

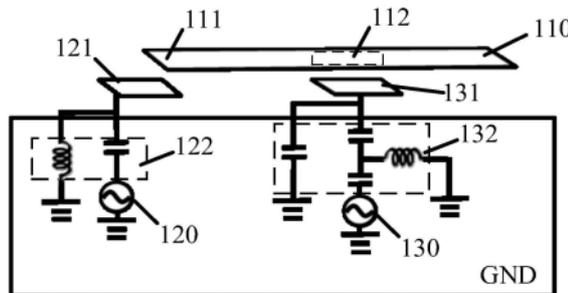
权利要求书2页 说明书18页 附图30页

(54) 发明名称

一种电子设备

(57) 摘要

本申请实施例提供了一种电子设备,包括一种复用空间的宽带天线结构,易于在电子设备的架构下实现,占用面积小。其中,多个天线在较近的空间内具有较好的隔离度和较低的ECC,满足多天线系统的需求,可为5G电子设备的天线方案提供了一种技术参考。电子设备可以包括:辐射体,第一馈电单元和第二馈电单元;其中,辐射体包括第一枝节,所述第一馈电单元在所述第一枝节的第一端为所述辐射体馈电;所述第二馈电单元在所述第一枝节的第一位置为所述辐射体馈电;所述第一位置位于,在所述第一馈电单元馈电,所述第二馈电单元不馈电时的所述第一枝节上电流最大的区域。



1. 一种电子设备,其特征在于,包括:  
辐射体,第一馈电单元和第二馈电单元;  
其中,辐射体包括第一枝节,所述第一馈电单元在所述第一枝节的第一端为所述辐射体馈电;  
所述第二馈电单元在所述第一枝节的第一位置为所述辐射体馈电;  
所述辐射体还包括第二枝节,所述第二枝节的一端与所述第一枝节连接,其中,所述辐射体为T型结构;  
所述第一位置位于所述第一枝节和所述第二枝节的连接处。
2. 根据权利要求1所述的电子设备,其特征在于,  
所述第一位置位于,所述第一馈电单元馈电,所述第二馈电单元不馈电时的所述第一枝节上电流最大的区域。
3. 根据权利要求1所述的电子设备,其特征在于,  
第一连接点与所述第一枝节的第一端点之间的距离小于或等于所述第二枝节的长度;  
其中,所述第一连接点为所述第一枝节与所述第二枝节的连接点中远离所述第一馈电单元的连接点,所述第一枝节的第一端点为所述第一枝节远离所述第一馈电单元的端点。
4. 根据权利要求1所述的电子设备,其特征在于,所述第二枝节远离所述第一枝节的一端存在弯折。
5. 根据权利要求1所述的电子设备,其特征在于,所述第一位置两侧的所述第一枝节的长度相同。
6. 根据权利要求1所述的电子设备,其特征在于,所述第一枝节的长度为二分之一一个第一波长,所述第一波长为所述第一馈电单元或所述第二馈电单元与所述辐射体形成的天线单元的工作波长。
7. 根据权利要求1所述的电子设备,其特征在于,  
由所述第一馈电单元激励的所述第一枝节上的电流和所述第二枝节上的电流为同向;  
由所述第二馈电单元激励的所述第一枝节上的电流和所述第二枝节上的电流流向所述第一位置。
8. 根据权利要求1至7中任一项所述的电子设备,其特征在于,所述电子设备还包括:第一金属部件和第二金属部件;  
所述第一馈电单元与所述第一金属部件电连接,为所述辐射体间接耦合馈电;  
所述第二馈电单元与所述第二金属部件电连接,为所述辐射体间接耦合馈电。
9. 根据权利要求8所述的电子设备,其特征在于,所述电子设备还包括:  
第一匹配网络;  
其中,所述第一匹配网络设置于所述第一馈电单元与所述第一金属部件之间,用于拓展所述第一馈电单元形成的第一天线单元的工作频段。
10. 根据权利要求8所述的电子设备,其特征在于,所述电子设备还包括:  
第二匹配网络;  
其中,所述第二匹配网络设置于所述第二馈电单元与所述第二金属部件之间,用于拓展所述第二馈电单元形成的第二天线单元的工作频段。
11. 根据权利要求8所述的电子设备,其特征在于,所述电子设备还包括:后盖和支架;

所述第一金属部件和所述第二金属部件设置于所述支架表面；  
所述辐射体设置于所述后盖表面。

12. 根据权利要求1至7中任一项所述的电子设备,其特征在于,  
所述第一馈电单元形成的第一天线单元与所述第二馈电单元形成的第二天线单元的工作频段相同。

13. 根据权利要求1至7中任一项所述的电子设备,其特征在于,  
所述第一馈电单元形成的第一天线单元的工作频段覆盖3.3~3.8GHz;  
所述第二馈电单元形成的第二天线单元的工作频段覆盖3.3~3.8GHz。

14. 根据权利要求1所述的电子设备,其特征在于,  
所述电子设备包括由多个所述辐射体依次间隔形成的天线阵列和至少一个解耦件;  
多个所述辐射体中的两个相邻的辐射体中,一个辐射体的第一枝节的第一端靠近另一个辐射体的第一枝节的第二端;

所述至少一个解耦件与多个所述辐射体不直接连接,且所述至少一个解耦件中对应的解耦件设置于所述两个相邻的辐射体之间。

15. 根据权利要求14所述的电子设备,其特征在于,多个所述辐射体的分布呈三角形,圆形或多边形。

16. 根据权利要求14所述的电子设备,其特征在于,所述天线阵列中的每个辐射体形成的子单元的工作频段相同。

17. 根据权利要求14所述的电子设备,其特征在于,  
所述两个相邻的辐射体与所述对应的解耦件之间形成间隙,所述两个相邻的辐射体之间的耦合度与所述间隙的大小相关。

18. 根据权利要求17所述的电子设备,其特征在于,所述解耦件用于使所述天线阵列在工作频带内具有多个隔离度的高点。

## 一种电子设备

### 技术领域

[0001] 本申请涉及无线通信领域,尤其涉及一种电子设备。

### 背景技术

[0002] 由于第五代(five generation,5G)移动通信终端对传输速度的要求不断提升,加速了sub-6GHz多输入多输出(multi-input multi-output,MIMO)天线系统的快速发展。sub-6GHz MIMO天线系统能够在基站端与终端均布置数量多的天线,在同一时域(time domain)与频域(frequency domain)上进行多个通道同时资料传输,可以有效提高频谱效率及大幅提升资料传输速度。因此已成为下一代多吉比特(multi-Gbps)通信系统的发展重点之一。然而,由于电子设备内的有限空间较小,若天线尺寸不够小型化,较难适用于现今智能电子设备大屏幕窄边框设计规格。此外,在MIMO天线设计上,当数个相同频段操作的天线共同设计上有限空间的终端装置内时,由于天线与天线之间彼此的距离过近,天线之间的干扰就越来越大,也就是天线之间的隔离度将会大幅增加。而且,也可能造成多天线间封装相关系数(envelope correlation coefficient,ECC)提高,使得数据传输速度下降。所以,能够具有低耦合与低ECC的MIMO天线架构,就成为了sub-6GHz频段通信的MIMO天线技术实现手段。除使之外,由于不同国家可能会采用不同的sub-6GHz频段(N77/N78/N79)。因此,如何达到多频段操作MIMO多天线架构也成为重要技术研究课题。

### 发明内容

[0003] 本申请实施例提供一种电子设备,包括一种复用空间的宽带天线结构,易于在电子设备的架构下实现,占用面积小。其中,多个天线在较近的空间内具有较好的隔离度和较低ECC,满足多天线系统的需求,可为5G电子设备的天线方案提供了一种技术参考。

[0004] 第一方面,提供了一种电子设备,包括:辐射体,第一馈电单元和第二馈电单元;其中,辐射体包括第一枝节,所述第一馈电单元在所述第一枝节的第一端为所述辐射体馈电;所述第二馈电单元在所述第一枝节的第一位置为所述辐射体馈电;所述第一位置位于,所述第一馈电单元馈电,所述第二馈电单元不馈电时的所述第一枝节上电流最大的区域。

[0005] 根据本申请实施例的技术方案,辐射体,第一馈电单元和第二馈电单元形成的天线结构中包括由辐射体和第一馈电单元形成的第一天线单元与辐射体和第二馈电单元形成的第二天线单元。第一天线单元和第二天线单元可以共用天线辐射体,有效减小天线结构的体积,可以应用于日益狭小的电子设备的内部空间中。同时,第一馈电单元在第一枝节的一端馈电时,第一天线单元工作在DM模式。由于第二馈电单元在辐射体上的馈电点在第一馈电单元馈电时第一枝节上电流最大的区域,因此,第二馈电单元馈电时,第二天线单元工作在CM模式,且不会影响第一天线单元的DM模式,第一天线单元和第二天线单元之间可以具有良好的隔离度。

[0006] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述辐射体还包括第二枝节,所述第二枝节的一端与所述第一枝节连接,其中,所述辐射体为T型结构。

[0007] 根据本申请实施例的技术方案,由于增加了另一个辐射枝节,可以额外增加电流路径,以增加另一谐振,可以拓展天线结构的工作频段。

[0008] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,第一连接点与所述第一枝节的第一端点之间的距离小于或等于所述第二枝节的长度;其中,所述第一连接点为所述第一枝节与所述第二枝节的连接点中远离所述第一馈电单元的连接点,所述第一枝节的第一端点为所述第一枝节远离所述第一馈电单元的端点。

[0009] 根据本申请实施例的技术方案,在第一连接点与所述第一辐射体的第一端点之间的距离等于所述第二辐射体的长度的情况下,第一馈电单元馈电时,额外增加电流路径,以增加另一谐振,可以拓展第一馈电单元与辐射体形成的天线单元的工作频段。在第一连接点与所述第一辐射体的第一端点之间的距离小于所述第二辐射体的长度的情况下,第二馈电单元馈电时,额外增加电流路径,以增加另一谐振,可以拓展第二馈电单元与辐射体形成的天线单元的工作频段。

[0010] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述第二枝节远离所述第一枝节的一端存在弯折。

[0011] 根据本申请实施例的技术方案,弯折可以在二维平面(横向枝节所在平面)进行,或者,也可以在三维空间内进行弯折,例如向后盖或屏幕所在方向弯折,可以根据电子设备内的实际布局进行选择,进一步减少天线结构所占用的电子设备内部的空间。

[0012] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述第一位置两侧的所述第一枝节的长度相同。

[0013] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述第一位置位于所述第一枝节和所述第二枝节的连接处。

[0014] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述第一枝节的长度为二分之一一个第一波长,所述第一波长为所述第一馈电单元或所述第二馈电单元与所述辐射体形成的天线单元的工作波长。

[0015] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,由所述第一馈电单元馈电激励的第一枝节上的电流和第二枝节上的电流为同向;由所述第二馈电单元激励的所述第一枝节上的电流和所述第二枝节上的电流流向所述第一位置。

[0016] 根据本申请实施例的技术方案,由于第一馈电单元与辐射体形成的第一天线单元和第二馈电单元与辐射体形成的第二天线单元分别工作在DM模式和CM模式,在工作频段内两个天线单元之间可以保持良好的隔离度。

[0017] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述电子设备还包括:第一金属部件和第二金属部件;所述第一馈电单元与所述第一金属部件电连接,为所述辐射体间接耦合馈电;所述第二馈电单元与所述第二金属部件电连接,为所述辐射体间接耦合馈电。

[0018] 根据本申请实施例的技术方案,通过间接耦合馈电,可以进一步拓展天线结构的工作频段。

[0019] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述电子设备还包括:第一匹配网络;其中,所述第一匹配网络设置于所述第一馈电单元与所述第一金属部件之间,用于拓展所述第一馈电单元形成的第一天线单元的工作频段。

[0020] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述电子设备还包括:第二匹配网

络;其中,所述第二匹配网络设置于所述第二馈电单元与所述第二金属部件之间,用于拓展所述第二馈电单元形成的第二天线单元的工作频段。

[0021] 根据本申请实施例的技术方案,可以通过在电子设备的天线结构中增加匹配网络,额外增加电流路径,以增加另一谐振,可以拓展天线结构的工作频段。

[0022] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述电子设备还包括:后盖和支架;所述第一金属部件和所述第二金属部件设置于所述支架表面;所述辐射体设置于所述后盖表面。

[0023] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述第一馈电单元形成的第一天线单元与所述第二馈电单元形成的第二天线单元的工作频段相同。

[0024] 根据本申请实施例的技术方案,天线结构可以应用于MIMO系统中。

[0025] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述第一馈电单元形成的第一天线单元的工作频段覆盖3.3~3.8GHz;所述第二馈电单元形成的第二天线单元的工作频段覆盖3.3~3.8GHz。

[0026] 根据本申请实施例的技术方案,仅为了表述的简洁,选择5G中的N78频段作为本申请实施例提供的天线结构的工作频段,在实际生产或设计中可以改变天线结构的尺寸等参数使天线结构可以覆盖其他频段,例如,5G中的其他频段,或者,可以覆盖LTE中的低频频段(698MHz-960MHz)、中频频段(1710MHz-2170MHz)和高频频段(2300MHz-2690MHz),或者,2.4/5GHz的WiFi频段等,本申请对此并不限制。

[0027] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述电子设备包括由多个所述辐射体依次间隔形成的天线阵列和至少一个解耦件;多个所述辐射体中的两个相邻的辐射体中,一个第一枝节的第一端靠近另一个第一枝节的第二端;所述至少一个解耦件与多个所述辐射体不直接连接,且所述至少一个解耦件中对应的解耦件设置于所述两个相邻的辐射体之间。

[0028] 根据本申请实施例的技术方案,解耦件可以用于使天线阵列在工作频带内具有多个隔离度的高点,并且可以改善多个子单元之间的近场电流耦合。

[0029] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,多个所述辐射体的分布呈三角形,圆形或多边形。

[0030] 根据本申请实施例的技术方案,可以根据实际的通信需求,调整天线阵列中天线子单元的数量。

[0031] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述天线阵列中的每个辐射体形成的子单元的工作频段相同。

[0032] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述两个相邻的辐射体与所述对应的解耦件之间形成间隙,所述两个相邻的辐射体之间的耦合度与所述间隙的大小相关。

[0033] 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,所述解耦件用于使所述天线阵列在工作频带内具有多个隔离度的高点。

## 附图说明

[0034] 图1是本申请实施例提供的电子设备的示意图。

[0035] 图2是本申请提供的线天线的共模模式的结构及对应的电流、电场的分布图。

- [0036] 图3是本申请提供的线天线的差模模式的结构及对应的电流、电场的分布图。
- [0037] 图4是本申请实施例提供的天线结构的示意图。
- [0038] 图5是本申请实施例提供的第一馈电单元馈电时的电流路径。
- [0039] 图6是本申请实施例提供的第二馈电单元馈电时的电流路径。
- [0040] 图7是本申请实施例提供电子设备沿第一方向的局部剖面图。
- [0041] 图8是本申请实施例提供电子设备后盖的平面示意图。
- [0042] 图9是图4所示天线结构的S参数仿真结果图。
- [0043] 图10是图4所示天线结构的辐射效率和系统效率的仿真结果图。
- [0044] 图11是图4所示天线结构的ECC仿真结果图。
- [0045] 图12是图4所示天线结构在第一馈电单元馈电时的电流分布图。
- [0046] 图13是图4所示天线结构在第二馈电单元馈电时的电流分布图。
- [0047] 图14是本申请实施例提供的天线结构的示意图。
- [0048] 图15是本申请实施例提供的第一馈电单元馈电时的电流路径。
- [0049] 图16是本申请实施例提供的第二馈电单元馈电时的电流路径。
- [0050] 图17是图14所示天线结构的S参数仿真结果图。
- [0051] 图18是图14所示天线结构的辐射效率和系统效率的仿真结果图。
- [0052] 图19是图14所示天线结构的ECC仿真结果图。
- [0053] 图20是图14所示天线结构的S参数仿真结果图。
- [0054] 图21是图14所示天线结构在第一馈电单元馈电时的电流分布图。
- [0055] 图22是图14所示天线结构在第二馈电单元馈电时的电流分布图。
- [0056] 图23是图14所示天线结构中横向枝节的右侧枝节长度变化的S参数仿真结果图。
- [0057] 图24是图14所示天线结构中纵向枝节长度变化的S参数仿真结果图。
- [0058] 图25是本申请实施例提供的另一种天线结构的示意图。
- [0059] 图26是本申请实施例提供的第一馈电单元馈电时的电流路径。
- [0060] 图27是图25所示天线结构的S参数仿真结果图。
- [0061] 图28是图25所示天线结构的辐射效率和系统效率的仿真结果图。
- [0062] 图29是图25所示天线结构的ECC仿真结果图。
- [0063] 图30是本申请实施例提供的天线结构的示意图。
- [0064] 图31是本申请实施例提供的第二馈电单元馈电时的电流路径。
- [0065] 图32是本申请实施例提供的第一馈电单元馈电时的电流路径。
- [0066] 图33是图30所示天线结构的S参数仿真结果图。
- [0067] 图34是图30所示天线结构的辐射效率和系统效率的仿真结果图。
- [0068] 图35是图30所示天线结构的ECC仿真结果图。
- [0069] 图36是图30所示天线结构的S参数仿真结果图。
- [0070] 图37是图30所示天线结构在第一馈电单元馈电时的电流分布图。
- [0071] 图38是图30所示天线结构在第二馈电单元馈电时的电流分布图。
- [0072] 图39是本申请实施例提供的另一种天线结构的示意图。
- [0073] 图40是本申请实施例提供的第二馈电单元馈电时的电流路径。
- [0074] 图41是图39所示天线结构的S参数仿真结果图。

- [0075] 图42是图39所示天线结构的辐射效率和系统效率的仿真结果图。
- [0076] 图43是图39所示天线结构的ECC仿真结果图。
- [0077] 图44是本申请实施例提供的另一种天线结构的示意图。
- [0078] 图45是图44所示天线结构的S参数仿真结果图。
- [0079] 图46是图44所示天线结构的辐射效率和系统效率的仿真结果图。
- [0080] 图47是本申请实施例提供的一种天线阵列的布局示意图。
- [0081] 图48是本申请实施例提供的一种天线阵列的布局示意图。
- [0082] 图49是本申请实施例提供的一种天线阵列的布局示意图。
- [0083] 图50是本申请实施例提供的一种天线阵列的布局示意图。
- [0084] 图51是本申请实施例提供的一种天线阵列的布局示意图。

### 具体实施方式

[0085] 下面将结合附图,对本申请中的技术方案进行描述。

[0086] 应理解,在本申请中“电连接”可理解为元器件物理接触并电导通;也可理解为线路构造中不同元器件之间通过印制电路板(printed circuit board,PCB)铜箔或导线等可传输电信号的实体线路进行连接的形式。“通信连接”可以指电信号传输,包括无线通信连接和有线通信连接。无线通信连接不需要实体媒介,且不属于对产品构造进行限定的连接关系。“连接”、“相连”均可以指一种机械连接关系或物理连接关系,例如A与B连接或A与B相连可以指,A与B之间存在紧固的构件(如螺钉、螺栓、铆钉等),或者A与B相互接触且A与B难以被分离。

[0087] 本申请提供的技术方案适用于采用以下一种或多种通信技术的电子设备:蓝牙(blue tooth,BT)通信技术、全球定位系统(global positioning system,GPS)通信技术、无线保真(wireless fidelity,WiFi)通信技术、全球移动通讯系统(global system for mobile communications,GSM)通信技术、宽频码分多址(wideband code division multiple access,WCDMA)通信技术、长期演进(long term evolution,LTE)通信技术、5G通信技术以及未来其他通信技术等。本申请实施例中的电子设备可以是手机、平板电脑、笔记本电脑、智能手环、智能手表、智能头盔、智能眼镜等。电子设备还可以是蜂窝电话、无绳电话、会话启动协议(session initiation protocol,SIP)电话、无线本地环路(wireless local loop,WLL)站、个人数字助手(personal digital assistant,PDA)、具有无线通信功能的手持设备、计算设备或连接到无线调制解调器的其它处理设备、车载设备,5G网络中的电子设备或者未来演进的公用陆地移动通信网络(public land mobile network,PLMN)中的电子设备等,本申请实施例对此并不限定。

[0088] 图1示例性示出了本申请提供的电子设备内部环境,以电子设备为手机进行说明。

[0089] 如图1所示,电子设备10可以包括:玻璃盖板(cover glass)13、显示屏(display)15、印刷电路板(printed circuit board,PCB)17、中框(housing)19和后盖(rear cover)21。

[0090] 其中,玻璃盖板13可以紧贴显示屏15设置,可主要用于对显示屏15起到保护防尘作用。

[0091] 在一个实施例中,显示屏15可以是液晶显示器(liquid crystal display,LCD),

发光二极管(light emitting diode,LED)或者有机发光半导体(organic light-emitting diode,OLED)等,本申请对此并不做限制。

[0092] 其中,印刷电路板PCB17可以采用耐燃材料(FR-4)介质板,也可以采用罗杰斯(Rogers)介质板,也可以采用Rogers和FR-4的混合介质板,等等。这里,FR-4是一种耐燃材料等级的代号,Rogers介质板一种高频板。印刷电路板PCB17靠近中框19的一侧可以设置一金属层,该金属层可以通过在PCB17的表面蚀刻金属形成。该金属层可用于印刷电路板PCB17上承载的电子元件接地,以防止用户触电或设备损坏。该金属层可以称为PCB地板。不限于PCB地板外,电子设备10还可以具有其他用来接地的地板,可例如金属中框。

[0093] 其中,电子设备10还可以包括电池,在此未示出。电池可以设置于中框19内,电池可以将PCB17分为主板和子板,主板可以设置于中框19和电池的上边沿之间,子板可以设置于中框19和电池的下边沿之间。

[0094] 其中,中框19主要起整机的支撑作用。中框19可以包括边框11,边框11可以由金属等传导性材料形成。边框11可以绕电子设备10和显示屏15的外围延伸,边框11具体可以包围显示屏15的四个侧边,帮助固定显示屏15。在一种实现中,金属材料制成的边框11可以直接用作电子设备10的金属边框,形成金属边框的外观,适用于金属ID。在另一种实现中,边框11的外表面还可以为非金属材料,例如塑料边框,形成非金属边框的外观,适用于非金属ID。

[0095] 其中,后盖21可以是金属材料制成的后盖,也可以是非导电材料制成的后盖,如玻璃后盖、塑料后盖等非金属后盖。

[0096] 图1仅示意性的示出了电子设备10包括的一些部件,这些部件的实际形状、实际大小和实际构造不受图1限定。

[0097] 首先,由图2和图3来介绍本申请将涉及两个天线模式。其中,图2是本申请提供的一种线天线的共模模式的结构及对应的电流、电场的分布示意图。图3是本申请提供的另一种线天线的差模模式的结构及对应的电流、电场的分布示意图。

[0098] 1、线天线的共模(common mode,CM)模式

[0099] 图2中的(a)示出线天线的辐射体通过馈电线42连接到地(例如地板,可以是PCB),以下为线天线40。线天线40在中间位置41处连接馈电单元(图未示)。馈电单元的正极通过馈电线42连接在线天线40的中间位置41,馈电单元的负极连接地。线天线40的中间位置41,例如中间位置41可以是线天线的几何中心,或者,辐射体的电长度的中点(或是上述的中点附近一定范围内的区域)。

[0100] 图2中的(b)示出了线天线40的电流、电场分布。如图2中的(b)所示,电流在中间位置41两侧呈现对称分布,例如反向分布;电场在中间位置41两侧,呈现同向分布。如图2中的(b)所示,馈电线42处的电流呈现同向分布。基于馈电线42处的电流同向分布,图2中的(a)所示的这种馈电可称为线天线的CM馈电。基于电流在辐射体的中间位置两侧呈现对称分布,图2中的(b)所示的这种线天线模式,可以称为线天线的CM模式。图2中的(b)所示的电流、电场可分别称为线天线的CM模式的电流、电场。

[0101] 线天线的CM模式的电流、电场是线天线40在中间位置41两侧的两个枝节(例如,两个水平枝节)作为工作在四分之一波长模式的 antenna 产生的。电流在线天线40的中间位置41处强,在线天线101的两端弱。电场在线天线40的中间位置41处弱,在线天线40的两端强。

[0102] 2、线天线的差模(differential mode,DM)模式

[0103] 如图3中的(a)示出线天线的辐射体通过馈电线52连接到地(例如地板,可以是PCB),以下为线天线50。线天线50在中间位置51处连接馈电单元(图未示)。馈电单元的正极通过馈电线52连接在中间位置51的一侧,馈电单元的负极通过馈电线52连接在中间位置51的另一侧。中间位置51可以是线天线的几何中心,或者,辐射体的电长度的中点(或是上述的中点附近一定范围内的区域)。

[0104] 图3中的(b)示出了线天线50的电流、电场分布。如图3中的(b)所示,电流在中间位置51两侧呈现非对称分布,例如同向分布;电场在中间位置51两侧呈反向分布。如图3中的(b)所示,馈电线52处的电流呈现反向分布。基于馈电线52处的电流反向分布,图3中的(a)所示的这种馈电可称为线天线DM馈电。基于电流在辐射体的中间位置两侧呈现非对称分布,图3中的(b)所示的这种线天线模式可以称为线天线的DM模式。图3中的(b)所示的电流、电场可分别称为线天线的DM模式的电流、电场。

[0105] 线天线的DM模式的电流、电场是整个线天线50作为工作在二分之一波长模式的天线产生的。电流在线天线50的中间位置51处强,在线天线50的两端弱。电场在线天线50的中间位置51处弱,在线天线50的两端强。

[0106] 应理解,图2和图3所示的天线结构仅作为举例使用,CM模式和DM模式的定义也可以拓展到其他天线形式中,例如,电偶极子天线,槽天线等,本申请对此并不做限制。

[0107] 由于现在的电子设备追求小型化,尤其是对厚度的要求较高,这造成了电子设备中的天线净空的大幅减小,布局空间越来越受限。同时,出现了很多新的通信规格,如5G中的sub-6G频段,双低频等,需要在终端中布局更多的天线。同时,为了迎接5G时代,各国陆续公布5G行动通讯系统的操作频段,全球移动供应商协会(global mobile suppliers association,GSA)于2017年6月提出的白皮书中,认为3300~4200MHz频段是未来最有可能涵盖各国5G的使用频段,中国工信部也在2017年6月在官网发布将使用3300~3600MHz与4800~5000MHz频段作为中国第一阶段5G的使用频段,其中,3300~3400MHz限室内使用,而美国联邦通讯委员会(federal communications commission,FCC)于2018年2月通过审议,认为3700~4200MHz频段可应用于地面行动通讯。因此,根据前述各国的频段规划主要是位于3300~4200MHz(N77/N78)的区间,若能设计宽频5G MIMO天线就可以应用于更多国家。

[0108] 本申请提供了一种复用空间的宽带多天线方案,易于在电子设备的架构下实现,占用面积小。其中,多个天线在较近的空间内具有较好的隔离度和较低的回波系数,满足多天线系统的需求,可为5G电子设备的天线方案提供了一种技术参考。

[0109] 图4至图8是本申请实施例提供的天线结构的示意图,该天线可以应用于电子设备中。其中,图4是本申请实施例提供的天线结构的示意图。图5是本申请实施例提供的第一馈电单元馈电时的电流路径。图6是本申请实施例提供的第二馈电单元馈电时的电流路径。图7是本申请实施例提供电子设备沿第一方向的局部剖面图。图8是本申请实施例提供电子设备后盖的平面示意图。

[0110] 如图4所示,天线结构可以包括天线辐射体110,第一馈电单元120和第二馈电单元130。

[0111] 在一个实施例中,第一馈电单元120可以与天线辐射体110的一端111耦合连接,为天线辐射体110馈电。第二馈电单元130与天线辐射体110的第一位置112耦合连接,为天线

辐射体110馈电,第一位置112可以是第一馈电单元120馈电时,第一位置112位于天线辐射体110上电流最大的区域。电流最大的区域可以理解为第一辐射体上大电流的一个区域,或者,可以理解为电流最强点周围的一定区域。

[0112] 天线辐射体110,第一馈电单元120和第二馈电单元130形成的天线结构中包括由天线辐射体110和第一馈电单元120形成的第一天线单元与天线辐射体110和第二馈电单元130形成的第二天线单元。第一天线单元和第二天线单元可以共用天线辐射体110,有效减小天线结构的体积,可以应用于日益狭小的电子设备的内部空间中。同时,第一馈电单元120在天线辐射体110的一端111馈电时,第一天线单元工作在DM模式。由于第二馈电单元130在天线辐射体110上的馈电点在第一馈电单元120馈电时天线辐射体110上电流最大的区域,因此,第二馈电单元130馈电时,第二天线单元工作在CM模式,且不会影响第一天线单元的DM模式,第一天线单元和第二天线单元之间可以具有良好的隔离度。

[0113] 在一个实施例中,第一位置112可以是天线辐射体110的长度的中点周围的一定区域例如,第一位置112两侧的天线辐射体110的长度相等。第一位置112两侧的天线辐射体110的长度相等可以认为是电长度相等,例如,可以在天线辐射体110的两侧连接电子元件,在天线辐射体110物理长度不变的情况下改变其电长度。电长度可以是指,物理长度(即机械长度或几何长度)乘以电或电磁信号在媒介中的传输时间与这一信号在自由空间中通过跟媒介物理长度一样的距离时所需的时间的比来表示,电长度可以满足以下公式:

$$[0114] \quad \bar{L} = L \times \frac{a}{b};$$

[0115] 其中,L为物理长度,a为电或电磁信号在媒介中的传输时间,b为在自由空间中的传输时间。

[0116] 或者,电长度也可以是指物理长度(即机械长度或几何长度)与所传输电磁波的波长之比,电长度可以满足以下公式:

$$[0117] \quad \bar{L} = \frac{L}{\lambda};$$

[0118] 其中,L为物理长度, $\lambda$ 为电磁波的波长。

[0119] 应理解,天线辐射体110的一端111可以认为是天线辐射体110上距离端点的一段距离,并不能狭义的理解为一定是一个点。例如,天线辐射体110的一端111可以认为是距离端点八分之一一个第一波长范围内的天线辐射体,第一波长可以是天线结构中第一天线单元或第二天线单元的工作频段对应的波长,可以是第一天线单元或第二天线单元的工作频段的中心频率对应的波长,或者,第一天线单元或第二天线单元的谐振点对应的波长。

[0120] 在一个实施例中,天线结构还可以包括第一匹配网络122,位于第一馈电单元120和天线辐射体110之间。如图5所示,第一馈电单元120馈电时,第一匹配网络122可以额外产生一条电流路径,因此,可以激励起两种工作模式,产生的多个谐振可以拓展第一天线单元的工作频段,可以覆盖更宽的通信频段,例如,可以覆盖5G中的N78频段(3.3~3.9GHz)。

[0121] 在一个实施例中,天线结构还可以包括第二匹配网络132,位于第二馈电单元130和天线辐射体110之间。如图6所示,第二馈电单元130馈电时,第二匹配网络132可以额外产生一条电流路径,因此,可以激励起两种工作模式,产生的多个谐振可以拓展第二天线单元的工作频段,可以覆盖更宽的通信频段,例如,可以覆盖5G中的N78频段(3.3~3.9GHz)。

[0122] 应理解,图4至图6中所示的第一匹配网络122和第二匹配网络132的结构仅作为举例使用,在实际的生产或设计中,可以根据应用的频段等因素进行调整,本申请对此并不限制。

[0123] 同时,耦合连接可以包括:间接耦合和直接耦合。其中,间接耦合是相对于直接耦合的概念,即隔空耦合,两者之间并不直接耦合连接。而直接耦合是直接耦合连接,在馈电点处与辐射体电连接直接馈电。当第一馈电单元120采用间接耦合的方式为天线辐射体馈电时,第一馈电单元120可以与天线辐射体110的一端111耦合连接可以理解为,第一馈电单元120可以通过金属部件121在天线辐射体110的一端111外侧的一定区域内与天线辐射体110间接耦合连接。对于直接耦合来说,馈电单元与天线辐射体电连接的位置为一个点或区域,馈电单元在电连接点处或电连接区域内进行馈电。而对于间接耦合来说,馈电单元与天线辐射体在一定区域内隔空进行电信号传输,馈电单元在这个区域内进行馈电。

[0124] 在一个实施例中,第一馈电单元120可以直接与天线辐射体110的一端111电连接(直接耦合),为天线辐射体110形成的天线结构直接馈电。第二馈电单元130可以直接与天线辐射体110的第一位置112电连接,为天线辐射体110形成的天线结构直接馈电,可以根据电子设备的通信需求及电子设备的内部空间进行调整。

[0125] 在一个实施例中,第一馈电单元120可以通过金属部件121通过间接耦合的方式与天线辐射体110的一端111连接,为天线辐射体110形成的天线结构间接耦合馈电。第二馈电单元130也可以采用同样的方式通过金属部件131为天线辐射体110形成的天线结构间接耦合馈电。同时,为实现间接耦合馈电结构,天线辐射体110可以通过浮动金属(floating metal,FLM)工艺设置在电子设备的后盖21的内表面(靠近PCB17的表面),如图7所示为电子设备沿第一方向的局部剖面图,为表述的简洁,仅以剖面展示天线结构,后盖21和PCB17之间的结构关系,其中,第一方向为垂直于后盖21所在平面的方向。应理解,垂直于后盖21所在平面可以理解为与后盖21所在平面呈约 $90^{\circ}$ 。垂直于后盖21所在平面也等同于垂直于电子设备的屏幕、中框或者主板所在平面。金属部件121和131可以设置在支架140的表面,支架140可以设置在PCB17和后盖21之间,用于支撑金属部件121和131。PCB17中的金属层可以作为本申请实施例中的地板(ground,GND),地板可以是电子设备的中框或其他金属层。在本申请实施例中,以地板的尺寸为 $140\text{mm}\times 70\text{mm}$ 为例进行说明,本申请对此并不做限制,也可以根据电子设备内部空间进行调整。

[0126] 在一个实施例中,金属部件121和131可以为金属弹片,第一馈电单元120和第二馈电单元可以通过金属弹片为天线结构间接耦合馈电。同时,为实现间接耦合馈电结构,金属部件121和131也可以是设置在电子设备的PCB17上的金属贴片。由于在PCB17上设置金属贴片后,金属贴片与缝隙之间距离变大,因此可以相应增加耦合面积,也可以实现同样的效果。或者,天线辐射体110可以设置在电子设备的后盖21的外表面,金属部件121和131可以设置在内表面。

[0127] 应理解,为表述的简洁,本申请实施例以天线辐射体110设置在电子设备的后盖21的内表面,金属部件121和131设置在支架140的表面为例进行说明,本申请对此并不做限制,也可以根据电子设备内部空间进行调整,例如,天线辐射体110也可以设置在支架140的上表面,金属部件121和131设置在支架140的下表面,或者,天线辐射体110可以设置在电子设备的后盖21的外表面,金属部件121和131设置在后盖21的内表面。

[0128] 在一个实施例中,支架140与PCB17之间的距离H1可以介于1mm至5mm之间,本申请实施例以支架140与PCB17之间的距离H1为2.7mm为例进行说明,本申请对此并不做限制,也可以根据电子设备内部空间进行调整。

[0129] 在一个实施例中,支架140与后盖21之间的距离H2可以介于0.1mm至1mm之间,本申请实施例以支架140与后盖21之间的距离H2为0.3mm为例进行说明,本申请对此并不做限制,也可以根据电子设备内部空间进行调整。

[0130] 如图8所示,在电子设备后盖的平面示意图中,其中,第一投影1211和第二投影1311是金属部件121和131沿第一方向,在后盖21所在平面上的投影。第一馈电单元120通过金属部件121与天线辐射体110的一端111间接耦合,以为天线结构馈电,其中,第一投影1211和天线辐射体110可以完全重叠、部分重叠、或完全不重叠。在图8所示的实施例中,天线辐射体110和第一投影1211不重叠,即第一馈电单元120通过间接耦合在天线辐射体110的一端111的外侧为天线结构馈电。第一馈电单元130通过金属部件131与天线辐射体110的第一位置间接耦合,以为天线结构馈电,其中,第二投影1311和天线辐射体110可以完全重叠、或部分重叠。在图8所示的实施例中,天线辐射体110和第二投影1311全部重叠。应理解,垂直于后盖13所在平面可以理解为与后盖13所在平面呈约 $90^\circ$ 。应理解,垂直于后盖所在平面也等同于垂直于电子设备的屏幕、中框或者主板所在平面。

[0131] 在一个实施例中,天线辐射体110和第一投影1211也可以部分重叠,或者,全部重叠,可以根据实际的设计或生产需要进行调整。同样,天线辐射体110和第二投影1311也可以部分重叠。

[0132] 在一个实施例中,天线辐射体110的长度L1可以为工作频段对应波长的二分之一。工作频段对应波长可以是第一天线单元或第二天线单元的工作频段的中心频率对应的波长,或者,谐振点的频率对应的波长。本申请实施例以天线辐射体110的长度L1为30mm为例进行说明,本申请对此并不做限制,也可以根据电子设备内部空间进行调整。

[0133] 在一个实施例中,天线辐射体110的宽度L2可以调整天线结构的谐振点的位置,本申请实施例以天线辐射体110的宽度L2为5mm为例进行说明,本申请对此并不做限制,也可以根据电子设备内部空间进行调整。

[0134] 在一个实施例中,天线结构的整体长度L3可以调整天线结构的谐振点的位置,即调整第一馈电单元的馈电位置,当第一馈电单元的第一投影在后盖上的投影与天线辐射体完全重叠时,天线结构的整体长度L3与天线辐射体110的长度L1相同。本申请实施例以天线结构的整体长度L3为35mm为例进行说明,本申请对此并不做限制,也可以根据电子设备内部空间进行调整。

[0135] 图9至图11是图4所示天线结构的仿真结果图。其中,图9是图4所示天线结构的S参数仿真结果图。图10是图4所示天线结构的辐射效率(radiation efficiency)和系统效率(total efficiency)的仿真结果图。图11是图4所示天线结构的ECC仿真结果图。

[0136] 如图9所示,天线辐射体和第一馈电单元形成的第一天线单元与天线辐射体和第二馈电单元形成的第二天线单元的工作频段均可以覆盖3.3~4GHz频段。并且由于第一天线单元和第二天线单元分别工作在DM模式和CM模式,在工作频段内两个天线单元之间的隔离度大于10.5dB,且具有一个隔离度高点。

[0137] 应理解,在该实施例中,仅为了表述的简洁,选择5G中的N78频段作为本申请实施

例提供的天线结构的工作频段,在实际生产或设计中可以改变天线结构的尺寸等参数使天线结构可以覆盖其他频段,例如,5G中的其他频段,或者,可以覆盖LTE中的低频频段(698MHz-960MHz)、中频频段(1710MHz-2170MHz)和高频频段(2300MHz-2690MHz),或者,2.4/5GHz的WiFi频段等,本申请对此并不限制。

[0138] 如图10所示,第一天线单元和第二天线单元在3.3~4GHz频段内的系统效率均大于-3dB,辐射效率也可以满足通信需要。

[0139] 如图11所示,第一天线单元和第二天线单元在3.3~4GHz频段内ECC均小于0.1,该结果适合应用于MIMO系统。

[0140] 同时,考虑电子设备靠近浸提的情况下,由天线结构中的第二天线单元作为发射天线,在3.45GHz的10-电磁波吸收比值(specific absorption rate,SAR)为2.261W/kg,在3.8GHz的10-SAR为2.92W/kg。本申请实施例提供的天线结构可以在满足SAR的法律法规要求的同时又依然保持天线的空中下载技术测试(over the air,OTA)性能。

[0141] 图12和图13是图4所示天线结构的电流分布图。其中,图12是图4所示天线结构在第一馈电单元馈电时的电流分布图。图13是图4所示天线结构在第二馈电单元馈电时的电流分布图。

[0142] 如图12所示,第一馈电单元馈电时,由于第一匹配网络以产生两条电流路径,因此,可以激励起两种工作模式,产生两个谐振,其中,图12中的(a)和(b)分别对应于不同的电流路径。

[0143] 如图13所示,第二馈电单元馈电时,由于第二匹配网络以产生两条电流路径,因此,可以激励起两种工作模式,产生两个谐振,其中,图13中的(a)和(b)分别对应于不同的电流路径。

[0144] 应理解,如图12所示,在3.33GHz和3.75GHz的情况下,第一天线单元的差模电流分布在天线辐射体的全部支路上。而如图13所示,在3.39GHz和3.76GHz的情况下,第二天线单元的共模电流分布在天线辐射体的右侧支路上,左侧支路上的电流很弱。这是由于左侧支路上差模电流和共模电流的电流方向相反且相互抵消,因此,可以有效降低第一馈电单元和第二馈电单元之间的电流耦合,使得第一天线单元和第二天线单元之间可以保持良好的隔离度。

[0145] 图14至图16是本申请实施例提供的天线结构的示意图,该天线可以应用于电子设备中。其中,图14是本申请实施例提供的天线结构的示意图。图15是本申请实施例提供的的第一馈电单元馈电时的电流路径。图16是本申请实施例提供的第二馈电单元馈电时的电流路径。

[0146] 如图14所示,天线结构可以包括天线辐射体210,第一馈电单元220和第二馈电单元230。

[0147] 其中,天线辐射体210可以包括横向枝节240与纵向枝节250,横向枝节240与纵向枝节250的一端连接以形成T型结构。第一馈电单元120可以与横向枝节240的一端211耦合连接,为天线辐射体210馈电。第二馈电单元130与横向枝节240的第一位置212耦合连接,为天线辐射体210馈电,第一位置212可以位于横向枝节240与纵向枝节250的连接处,例如横向枝节240与纵向枝节250相连的区域覆盖第一位置212。第一位置212可以是第一馈电单元220馈电时,第一位置212位于天线辐射体210上电流最大的区域。相较于图4所示的天线结

构,图14所示的天线结构的辐射体增加了纵向枝节。应可理解,图14与图4中相同或相似的结构具有相同或相似的功能。

[0148] 应理解,由于电子设备内部的空间布局日益紧凑,留给天线结构的空間可能不足,因此,形成T型结构的横向枝节240与纵向枝节250之间所呈角度 $\theta$ 可以为 $90^\circ$ ,也可以不为 $90^\circ$ 。例如,横向枝节240可以沿第一连接点241在平面内进行旋转,例如, $\theta$ 可以介于 $30^\circ$ 至 $150^\circ$ 之间。或者,在一些情况下,横向枝节240可以沿第一连接点241在曲面内进行旋转。或者,在一些情况下,横向枝节240可以沿第一连接点241在三维内进行旋转,使天线辐射体为楼梯结构,本申请对此并不做限制,可以根据电子设备内部的空间布局进行调整。

[0149] 在一个实施例中,横向枝节240与纵向枝节250可以为线型的辐射体,例如,可以是直线型或者折线型,可以根据电子设备的内部空间布局进行调整。

[0150] 在一个实施例中,第一连接点241与横向枝节240的第一端点242之间的距离D1与纵向枝节250的长度D2相同。其中,第一连接点241为横向枝节240与纵向枝节250的连接点中远离第一馈电单元220的连接点。第一端点242为横向枝节240远离第一馈电单元220的端点。

[0151] 在一个实施例中,第一位置212两侧的横向枝节240的长度相等,例如,第一位置212可以是横向枝节240的长度的中点周围的一定区域。

[0152] 在一个实施例中,第一馈电单元220可以直接与横向枝节240的一端211耦合连接,为天线辐射体210形成的天线结构直接馈电。第二馈电单元230可以直接与横向枝节240的第一位置212耦合连接,为天线辐射体210形成的天线结构直接馈电。

[0153] 在一个实施例中,第一馈电单元220可以通过金属部件221通过间接耦合的方式与横向枝节240的一端211耦合连接,为天线辐射体210形成的天线结构间接耦合馈电。第二馈电单元230也可以采用同样的方式通过金属部件231为天线辐射体210形成的天线结构间接耦合馈电。

[0154] 如图15所示,由于天线辐射体210由横向枝节240和纵向枝节250组成,第一馈电单元220馈电时,天线辐射体210上可以产生两条电流路径,因此,可以激励起两种工作模式,其中,一个工作模式的电流沿横向枝节240产生谐振,另一个工作模式的电流沿横向枝节240的左侧枝节和纵向枝节250产生谐振,可以拓展天线辐射体210和第一馈电单元220形成的第一天线单元的工作频段,可以覆盖更宽的通信频段,例如,可以覆盖5G中的N78频段(3.3~3.9GHz)。

[0155] 在一个实施例中,天线结构还可以包括匹配网络232,位于第二馈电单元230和金属部件231之间。如图16所示,第二馈电单元230馈电时,匹配网络232可以额外产生一条电流路径,因此,可以激励起两种工作模式,其中,两种工作模式的电流都可以沿纵向枝节250和横向枝节240的右侧枝节产生谐振,产生的多个谐振可以拓展天线辐射体210和第二馈电单元230形成的第二天线单元的工作频段,可以覆盖更宽的通信频段,例如,可以覆盖5G中的N78频段(3.3~3.9GHz)。

[0156] 在一个实施例中,横向枝节240的长度可以为工作频段对应波长的二分之一。工作频段对应波长可以是第一天线单元或第二天线单元的工作频段的中心频率对应的波长,或者,谐振点的频率对应的波长。本申请实施例以横向枝节240的长度为32mm为例进行说明,本申请对此并不做限制,也可以根据电子设备内部空间进行调整。

[0157] 在一个实施例中,横向枝节240和纵向枝节250的宽度可以调整天线结构的谐振点的位置,横向枝节240和纵向枝节250的宽度可以相同也可以不同,本申请实施例以横向枝节240和纵向枝节250的宽度为5mm为例进行说明,由于在该实施例中,第一连接点241与横向枝节240的第一端点242之间的距离D1与纵向枝节250的长度D2相同,本申请实施例以 $D1 = D2 = 13.5\text{mm}$ 为例进行说明,本申请对此并不做限制,也可以根据电子设备内部空间进行调整。

[0158] 在一个实施例中,天线结构的整体长度可以调整天线结构的谐振点的位置,即调整第一馈电单元的馈电位置,当第一馈电单元的第一投影在后盖上的投影与横向枝节完全重叠时,天线结构的整体长度与横向枝节的长度相同。本申请实施例以天线结构的整体长度为36mm为例进行说明,本申请对此并不做限制,也可以根据电子设备内部空间进行调整。

[0159] 图17至图19是图14所示天线结构的仿真结果图。其中,图17是图14所示天线结构的S参数仿真结果图。图18是图14所示天线结构的辐射效率和系统效率的仿真结果图。图19是图14所示天线结构的ECC仿真结果图。

[0160] 如图19所示,天线辐射体和第一馈电单元形成的第一天线单元与天线辐射体和第二馈电单元形成的第二天线单元的工作频段均可以覆盖3.3~3.8GHz频段。并且由于第一天线单元和第二天线单元分别工作在DM模式和CM模式,在工作频段内两个天线单元之间的隔离度大于16.8dB,且具有两个隔离度高点。

[0161] 应理解,在该实施例中,仅为了表述的简洁,选择5G中的N78频段作为本申请实施例提供的天线结构的工作频段,在实际生产或设计中可以改变天线结构的尺寸等参数使天线结构可以覆盖其他频段,例如,5G中的其他频段,或者,可以覆盖LTE中的低频频段(698MHz-960MHz)、中频频段(1710MHz-2170MHz)和高频频段(2300MHz-2690MHz),或者,2.4/5GHz的WiFi频段等,本申请对此并不限制。

[0162] 如图18所示,第一天线单元和第二天线单元在3.3~3.8GHz频段内的系统效率均大于-3dB,辐射效率也可以满足通信需要。

[0163] 如图19所示,第一天线单元和第二天线单元在3.3~3.8GHz频段内ECC均小于0.1,该结果适合应用于MIMO系统。

[0164] 同时,考虑电子设备靠近浸提的情况下,由天线结构中的第二天线单元作为发射天线,在3.35GHz的10-SAR为1.762W/kg,在3.65GHz的10-SAR为1.99W/kg。这是由于工作在CM模式下的第二天线单元的电场是在天线辐射体两侧为对称分布(同向),磁场为反对称分布(反向),因此,天线辐射体的中心位置(第一位置)的磁场相互抵消,使得其为场的零点,故第二天线单元具有低SAR的特性。本申请实施例提供的天线结构可以在满足SAR的法律法规要求的同时又依然保持天线的OTA性能。

[0165] 图20是图14所示天线结构的S参数仿真结果图。

[0166] 应理解,图14所示的天线结构相较于图4所示的天线结构增加了纵向枝节,当图14所示的天线结构和图4所示的天线结构在第二馈电单元处增加匹配网络,而在第一馈电单元处不增加馈电网络,图14所示的天线结构和图4所示的天线结构的S参数仿真结果如图20所示。

[0167] 在天线结构的辐射体中增加纵向枝节后,增加了另一条电流路径,天线结构可以在高频再激励起一个模式,如图20所示,由两个模式产生的谐振来拓展天线结构的带宽,可

以覆盖例如5G中的N78频段。

[0168] 同时,在天线结构的辐射体中增加纵向枝节后,可以在高频增加了一个隔离度高点,如图20所示,有效的改善在工作频段内第一天线单元和第二天线单元之间的隔离度。

[0169] 图21和图22是图14所示天线结构的电流分布图。其中,图21是图14所示天线结构在第一馈电单元馈电时的电流分布图。图22是图14所示天线结构在第二馈电单元馈电时的电流分布图。

[0170] 如图21所示,第一馈电单元馈电时,由于天线辐射体包括横向枝节和纵向枝节,因此,可以产生两条电流路径,对应的可以激励起两种工作模式,产生两个谐振,其中,图21中的(a)和(b)分别对应于不同的电流路径。

[0171] 如图22所示,第二馈电单元馈电时,由于匹配网络以产生两条电流路径,因此,可以激励起两种工作模式,产生两个谐振,其中,图22中的(a)和(b)分别对应于不同的电流路径。

[0172] 应理解,如图21所示,在3.48GHz的情况下,第一天线单元的差模电流主要分布在横向枝节上。而在3.76GHz的情况下,第一天线单元的差模电流主要分布在纵向枝节上。因此,第一天线单元所产生的两个谐振由横向枝节和纵向枝节共同完成。而如图22所示,在3.45GHz和3.73GHz的情况下,第二天线单元的共模电流分布在横向枝节的右侧支路上,横向枝节的左侧支路上的电流很弱。这是由于横向枝节的左侧支路上差模电流和共模电流的电流方向相反且相互抵消,因此,可以有效降低第一馈电单元和第二馈电单元之间的电流耦合,使得第一天线单元和第二天线单元之间可以保持良好的隔离度。

[0173] 图23和图24是图14所示天线结构中横向枝节的右侧枝节和纵向枝节长度变化的S参数仿真结果图。其中,图23是图14所示天线结构中横向枝节的右侧枝节长度变化的S参数仿真结果图。图24是图14所示天线结构中纵向枝节长度变化的S参数仿真结果图。

[0174] 如图23所示,调整横向枝节的右侧枝节的长度,即图14所示天线结构中的D1,可以有效控制隔离度高点1的位置,但隔离度高点2的位置和第二天线单元的谐振频点基本保持不同。

[0175] 如图24所示,调整纵向枝节的长度,即图14所示天线结构中的D2,可以有效控制隔离度高点2和第二天线单元的谐振频点的位置,但隔离度高点1的位置基本保持不同。

[0176] 应理解,本申请实施例提供的天线结构,可以独立调整横向枝节和纵向枝节的长度以控制隔离度高点1和隔离度高点2的位置。

[0177] 图25是本申请实施例提供的另一种天线结构的示意图。

[0178] 如图25所示,在图14所示的天线结构的基础上,天线结构还可以包括匹配网络222,位于第一馈电单元220和金属部件221之间,其余结构与图14所示的天线结构相同或相似。应可理解,图25与图14中相同或相似的结构具有相同或相似的功能。

[0179] 如图26所示,第一馈电单元220馈电时,匹配网络222可以额外产生一条电流路径,由于T型的天线辐射体可以带来两条电流路径,因此,该天线结构可以激励起三种工作模式,产生的多个谐振可以拓展第一馈电单元220形成的第一天线单元的工作频段,可以覆盖更宽的通信频段。

[0180] 图27至图29是图25所示天线结构的仿真结果图。其中,图27是图25所示天线结构的S参数仿真结果图。图28是图25所示天线结构的辐射效率和系统效率的仿真结果图。图29

是图25所示天线结构的ECC仿真结果图。

[0181] 如图27所示,天线辐射体和第一馈电单元形成的第一天线单元与天线辐射体和第二馈电单元形成的第二天线单元的工作频段均可以覆盖3.3~4.2GHz频段。在工作频段内两个天线单元之间的隔离度大于10.7dB,且具有两个隔离度高点。

[0182] 应理解,在该实施例中,仅为了表述的简洁,选择5G中的N77频段作为本申请实施例提供的天线结构的工作频段,在实际生产或设计中可以改变天线结构的尺寸等参数使天线结构可以覆盖其他频段,例如,5G中的其他频段,或者,可以覆盖LTE中的低频频段(698MHz-960MHz)、中频频段(1710MHz-2170MHz)和高频频段(2300MHz-2690MHz),或者,2.4/5GHz的WiFi频段等,本申请对此并不限制。

[0183] 如图28所示,第一天线单元在3.27~4.35GHz频段内的系统效率均大于-3dB,第二天线单元在3.31~4.23GHz频段内的系统效率均大于-4dB,符合实际应用的需求,辐射效率也可以满足通信需要。

[0184] 如图29所示,第一天线单元和第二天线单元在3.3~4.2GHz频段内ECC均小于0.12,该结果适合应用于MIMO系统。

[0185] 图30至图32是本申请实施例提供的天线结构的示意图,该天线可以应用于电子设备中。其中,图30是本申请实施例提供的天线结构的示意图。图31是本申请实施例提供的第二馈电单元馈电时的电流路径。图32是本申请实施例提供的第一馈电单元馈电时的电流路径。

[0186] 应理解,相较于图14所示的天线结构,图30所示的天线结构调整了纵向枝节350的长度,使第一连接点341与横向枝节340的第一端点342之间的距离D1小于纵向枝节350的长度D2,本申请实施例以D1=13.5mm,D2=15mm为例进行说明,本申请对此并不做限制,也可以根据电子设备内部空间进行调整,其余结构与图14所示的天线结构相同或相似。应可理解,图30与图14中相同或相似的结构具有相同或相似的功能。

[0187] 如图31所示,当D2>D1时,第二馈电单元330馈电时,天线辐射体310上可以产生两条电流路径,因此,可以激励起两种工作模式,可以拓展天线辐射体310和第二馈电单元330形成的第二天线单元的工作频段,可以覆盖更宽的通信频段。

[0188] 在一个实施例中,当D2>D1时,第一馈电单元320馈电时,天线辐射体310上仅能产生一条电流路径。因此,天线结构还可以包括匹配网络322,位于第一馈电单元320和金属部件321之间,可以用于拓展天线辐射体310和第一馈电单元330形成的第一天线单元的工作频段。如图32所示,第一馈电单元320馈电时,匹配网络322可以额外产生一条电流路径,因此,可以激励起两种工作模式,产生的多个谐振可以拓展天线辐射体310和第一馈电单元330形成的第一天线单元的工作频段,可以覆盖更宽的通信频段。

[0189] 图33至图35是图30所示天线结构的仿真结果图。其中,图33是图30所示天线结构的S参数仿真结果图。图34是图30所示天线结构的辐射效率和系统效率的仿真结果图。图35是图30所示天线结构的ECC仿真结果图。

[0190] 如图33所示,天线辐射体和第一馈电单元形成的第一天线单元与天线辐射体和第二馈电单元形成的第二天线单元的工作频段均可以覆盖3.3~3.9GHz频段,在工作频段内两个天线单元之间的隔离度大于13.7dB,且具有两个隔离度高点。

[0191] 应理解,在该实施例中,仅为了表述的简洁,选择5G中的N78频段作为本申请实施

例提供的天线结构的工作频段,在实际生产或设计中可以改变天线结构的尺寸等参数使天线结构可以覆盖其他频段,例如,5G中的其他频段,或者,可以覆盖LTE中的低频频段(698MHz-960MHz)、中频频段(1710MHz-2170MHz)和高频频段(2300MHz-2690MHz),或者,2.4/5GHz的WiFi频段等,本申请对此并不限制。

[0192] 如图34所示,第一天线单元和第二天线单元在3.3~3.9GHz频段内的系统效率均大于-3dB,辐射效率也可以满足通信需要。

[0193] 如图35所示,第一天线单元和第二天线单元在3.3~3.9GHz频段内ECC均小于0.1,该结果适合应用于MIMO系统。

[0194] 图36是图30所示天线结构的S参数仿真结果图。

[0195] 应理解,图30所示的天线结构相较于图4所示的天线结构增加了纵向枝节,当图30所示的天线结构和图4所示的天线结构在第一馈电单元处增加匹配网络,而在第二馈电单元处不增加馈电网络,图30所示的天线结构和图4所示的天线结构的S参数仿真结果如图36所示。

[0196] 在天线结构的辐射体中增加纵向枝节后,增加了另一条电流路径,天线结构可以在低频再激励起一个模式,如图36所示,由两个模式产生的谐振来拓展天线结构的带宽,可以覆盖例如5G中的N78频段。

[0197] 同时,在天线结构的辐射体中增加纵向枝节后,可以在低频增加了一个隔离度高点(隔离度高点2),如图36所示,有效的改善在工作频段内第一天线单元和第二天线单元之间的隔离度。

[0198] 图37和图38是图30所示天线结构的电流分布图。其中,图37是图30所示天线结构在第一馈电单元馈电时的电流分布图。图38是图30所示天线结构在第二馈电单元馈电时的电流分布图。

[0199] 如图37所示,第一馈电单元馈电时,由于匹配网络以产生两条电流路径,因此,可以产生两条电流路径,对应的可以激励起两种工作模式,产生两个谐振,其中,图37中的(a)和(b)分别对应于不同的电流路径。

[0200] 如图38所示,第二馈电单元馈电时,由于天线辐射体包括横向枝节和纵向枝节,因此,可以激励起两种工作模式,产生两个谐振,其中,图38中的(a)和(b)分别对应于不同的电流路径。

[0201] 应理解,如图37所示,在3.42GHz和3.78GHz的情况下,第一天线单元的差模电流主要分布在横向枝节上。因此,第一天线单元所产生的两个谐振由横向枝节完成。而如图38所示,在3.47GHz的情况下,第二天线单元的共模电流分布在纵向枝节的右侧支路上。在3.74GHz的情况下,第二天线单元的共模电流分布在横向枝节的右侧支路上。并且,在两个频率下,横向枝节的左侧支路上的电流很弱,这是由于横向枝节的左侧支路上差模电流和共模电流的电流方向相反且相互抵消,因此,可以有效降低第一馈电单元和第二馈电单元之间的电流耦合,使得第一天线单元和第二天线单元之间可以保持良好的隔离度。

[0202] 图39是本申请实施例提供的另一种天线结构的示意图。

[0203] 如图39所示,在图30所示的天线结构的基础上,天线结构还可以包括匹配网络332,位于第二馈电单元330和金属部件331之间,其余结构与图30所示的天线结构相同或相似。应可理解,图39与图30中相同或相似的结构具有相同或相似的功能。

[0204] 如图40所示,第二馈电单元330馈电时,匹配网络332可以额外产生一条电流路径,由于T型的天线辐射体可以带来两条电流路径,因此,该天线结构可以激励起三种工作模式,产生的多个谐振可以拓展第二馈电单元330形成的第二天线单元的工作频段,可以覆盖更宽的通信频段,例如,5G中的N77频段。

[0205] 图41至图43是图39所示天线结构的仿真结果图。其中,图41是图39所示天线结构的S参数仿真结果图。图42是图39所示天线结构的辐射效率和系统效率的仿真结果图。图43是图39所示天线结构的ECC仿真结果图。

[0206] 如图41所示,天线辐射体和第一馈电单元形成的第一天线单元与天线辐射体和第二馈电单元形成的第二天线单元的工作频段均可以覆盖3.3~4.2GHz频段。在工作频段内两个天线单元之间的隔离度大于10.8dB,且具有两个隔离度高点。

[0207] 应理解,在该实施例中,仅为了表述的简洁,选择5G中的N77频段作为本申请实施例提供的天线结构的工作频段,在实际生产或设计中可以改变天线结构的尺寸等参数使天线结构可以覆盖其他频段,例如,5G中的其他频段,或者,可以覆盖LTE中的低频频段(698MHz-960MHz)、中频频段(1710MHz-2170MHz)和高频频段(2300MHz-2690MHz),或者,2.4/5GHz的WiFi频段等,本申请对此并不限制。

[0208] 如图42所示,第一天线单元在3.3~4.2GHz频段内的系统效率均大于-4.5dB,第二天线单元在3.287~4.24GHz频段内的系统效率均大于-3.5dB,符合实际应用的需求,辐射效率也可以满足通信需要。

[0209] 如图43所示,第一天线单元和第二天线单元在3.3~4.2GHz频段内ECC均小于0.13,该结果适合应用于MIMO系统。

[0210] 图44是本申请实施例提供的另一种天线结构的示意图。

[0211] 如图44所示,在图14所示的天线结构的基础上,为了进一步减少天线结构所占用的电子设备内部的空间,天线辐射体410中的枝节进行弯折,其余结构与图14所示的天线结构相同或相似。应可理解,图44与图14中相同或相似的结构具有相同或相似的功能。

[0212] 在一个实施例中,纵向枝节450远离横向枝节440的一端可以进行弯折,弯折可以在二维平面(横向枝节所在平面)进行,或者,也可以在三维空间内进行弯折,例如向后盖或屏幕所在方向弯折,可以根据电子设备内的实际布局进行选择。

[0213] 图45和图46是图44所示天线结构的仿真结果图。其中,图45是图44所示天线结构的S参数仿真结果图。图46是图44所示天线结构的辐射效率和系统效率的仿真结果图。

[0214] 如图45所示,纵向枝节远离横向枝节的一端可以进行弯折后,天线辐射体和第一馈电单元形成的第一天线单元与天线辐射体和第二馈电单元形成的第二天线单元的工作频段仍然可以覆盖3.3~3.9GHz频段。在工作频段内两个天线单元之间的隔离度大于14dB,且具有两个隔离度高点。

[0215] 如图46所示,第一天线单元和第二天线单元在3.3~3.9GHz频段内的系统效率均大于-2.5dB,符合实际应用的需求,辐射效率也可以满足通信需要。

[0216] 图47至51是本申请实施例提供的一种天线阵列的布局示意图。

[0217] 应理解,本申请实施例提供的天线结构的结构简单,且体积较小,可以作为MIMO系统中的子单元。为表述的简洁,仅以图4所示天线结构作为MIMO系统中的子单元举例,MIMO系统中的子单元也可以是上述实施例中所述的任意一种天线结构。

[0218] 在MIMO系统的天线阵列中,子单元可以依次间隔排列形成阵列,其中,每个子单元的辐射体首尾间隔设置,例如,第一子单元的横向枝节的第一端与第二子单元的横向枝节的第二端靠近,第一子单元的横向枝节的第一端与第二子单元的横向枝节的第一端远离,第一子单元和第二子单元为MIMO系统的天线阵列中任意两个相邻的子单元。

[0219] 在一个实施例中,子单元可以呈三角形分布,如图47所示,或者,也可以呈正方形分布,如图48所示,或者,也可以呈多边形排布,如图49和50所示,或者,也可以呈圆形,如图51所示。由于本申请实施例提供的天线结构中两个天线单元共用同一个辐射体,因此,天线阵列中多个子单元分布呈N边形时,其对应的天线个数为 $2N$ 个( $N$ 为大于或等于2的正整数),例如若3个子单元排列成三角形时,可配置天线个数为6个,若4个子单元排列成四边形时,可配置天线个数为8个,若多个子单元排列成六边形时,天线个数为12个,其中, $N$ 个天线可以作为发射天线, $N$ 个天线可以作为接收天线,以提升电子设备的传输速率。

[0220] 在一个实施例中,电子设备还可以包括解耦件,可以设置在MIMO系统的天线阵列中,位于任意两个子单元的辐射体之间,但不与子单元枝节连接,并与子单元的辐射体之间形成间隙,间隙可以用于调节任意两个子单元的辐射体之间的耦合量,可以用于使天线阵列在工作频带内具有多个隔离度的高点,并且可以改善多个子单元之间的近场电流耦合。

[0221] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的系统、装置和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性或其它的形式。

[0222] 以上所述,仅为本申请的具体实施方式,但本申请的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此,本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

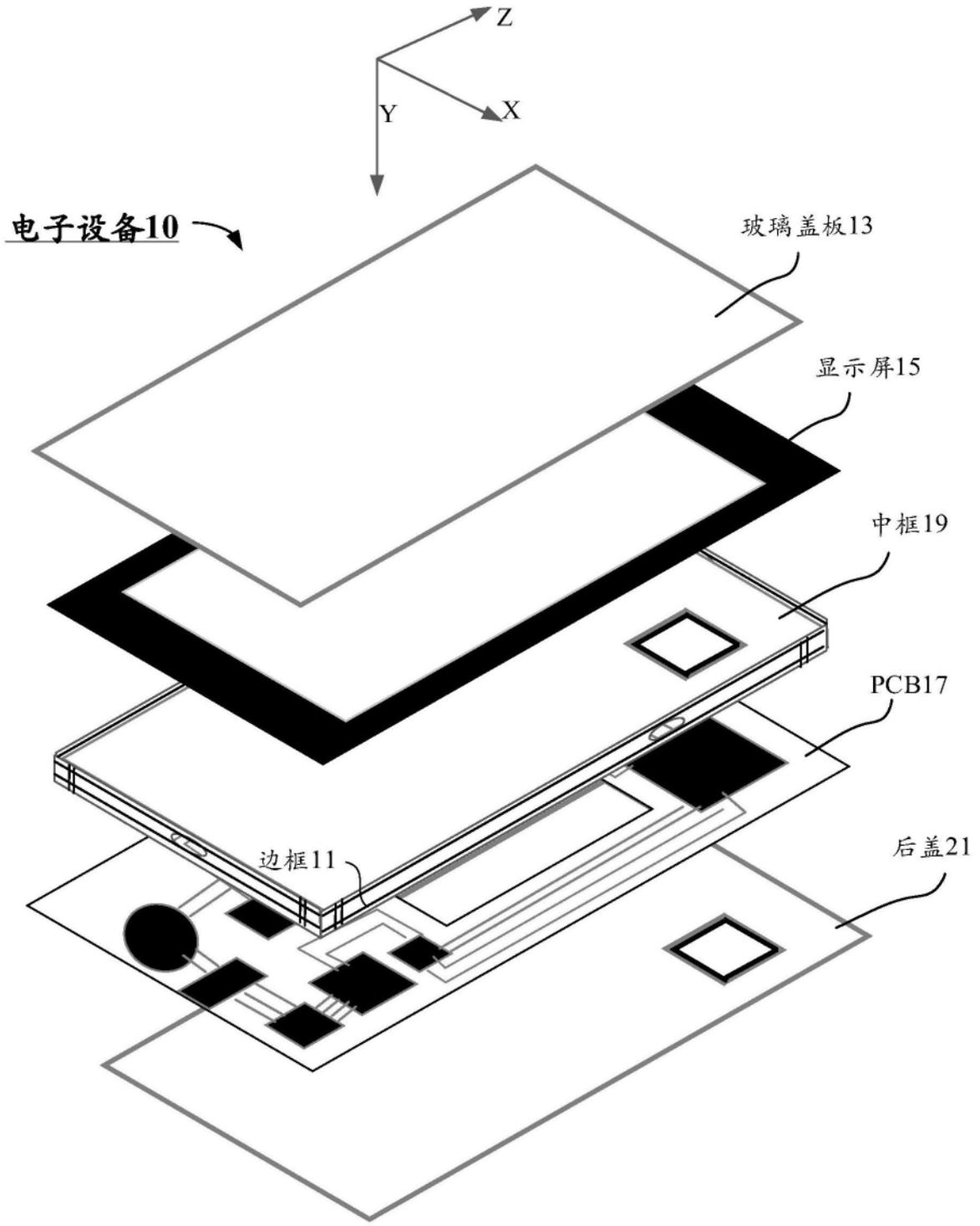


图1

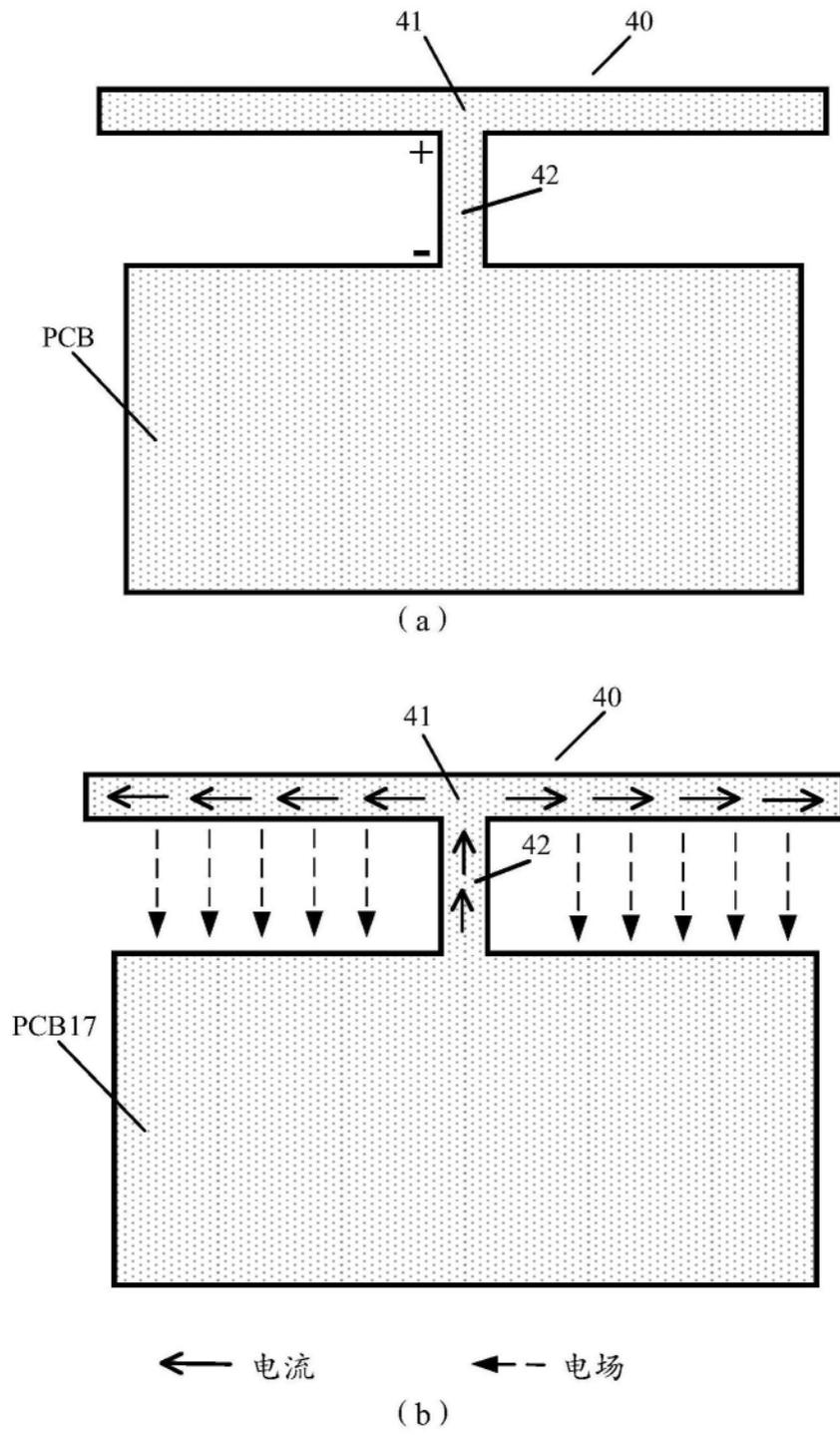


图2

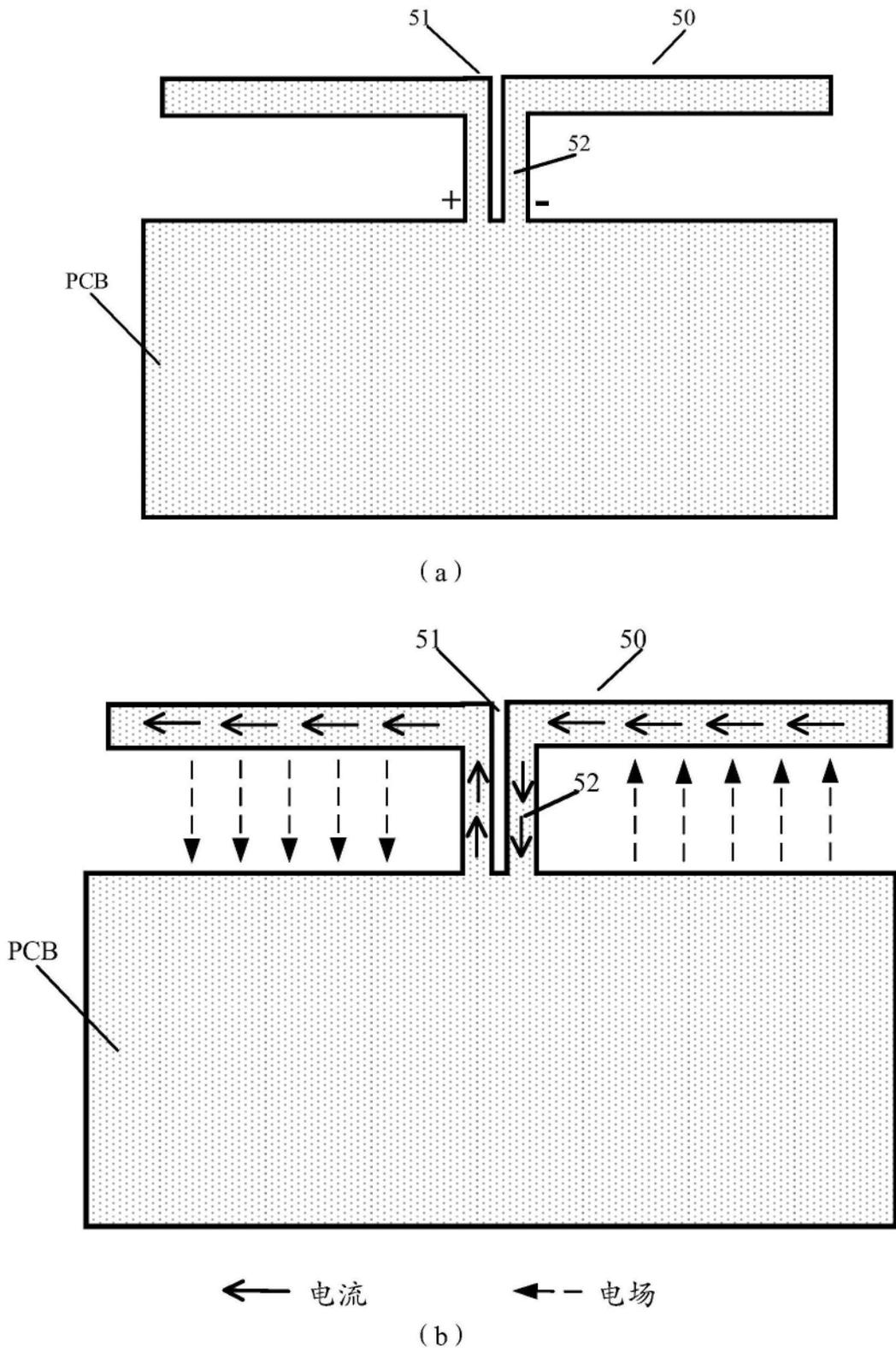


图3

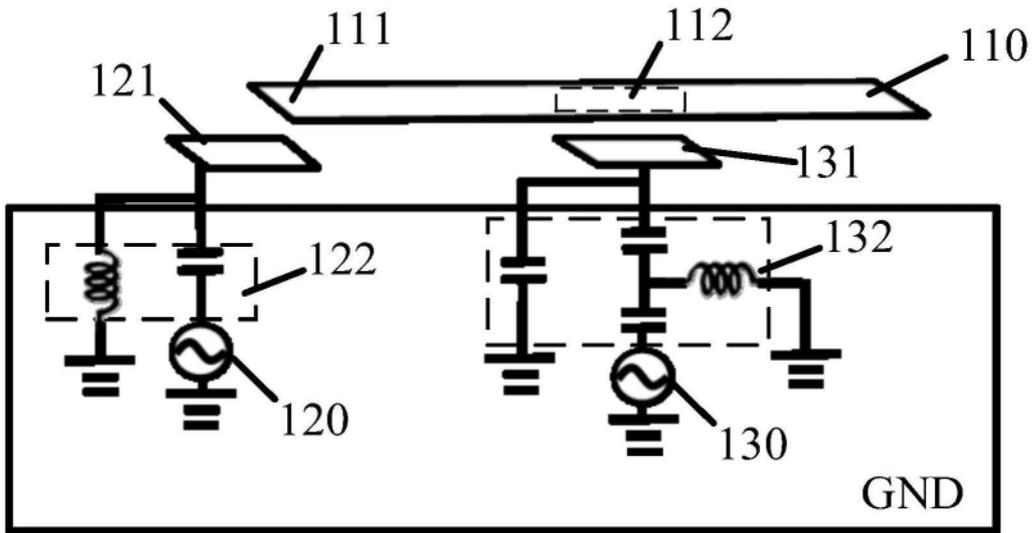


图4

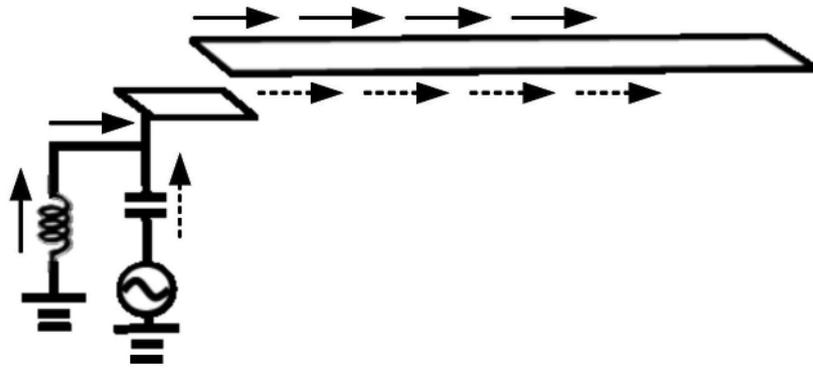


图5

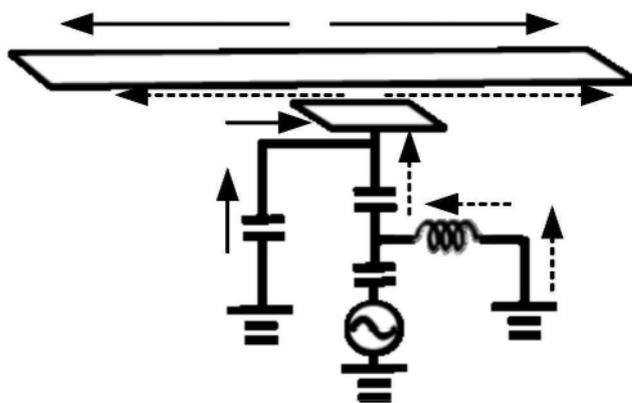
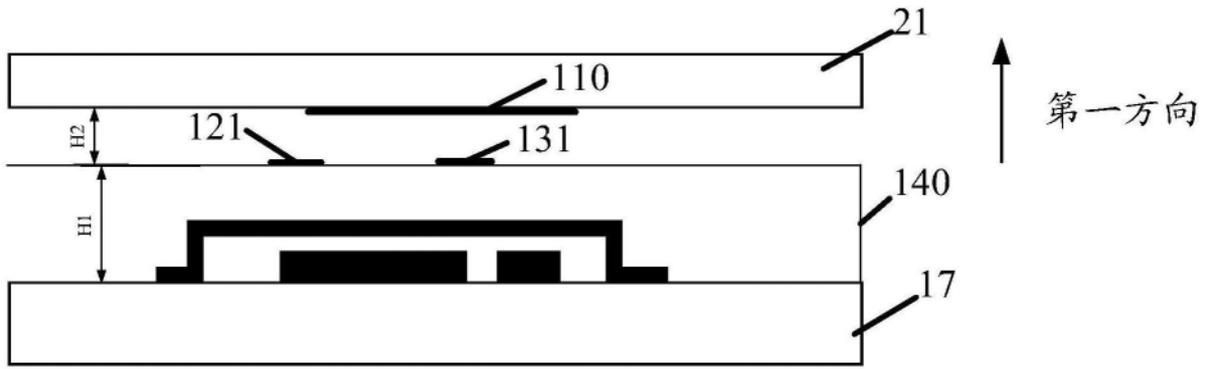


图6



剖面图

图7

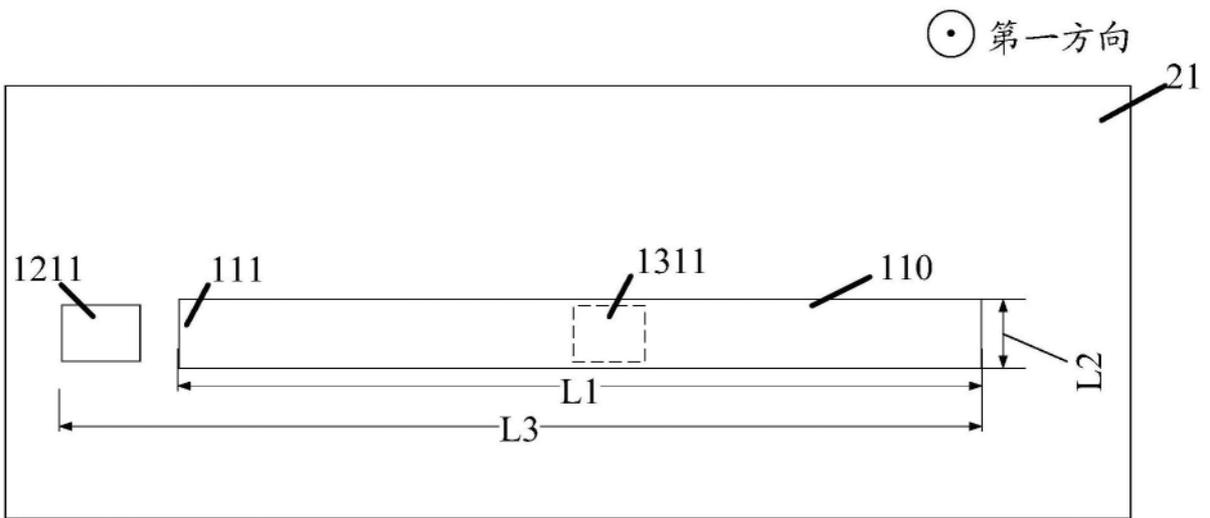


图8

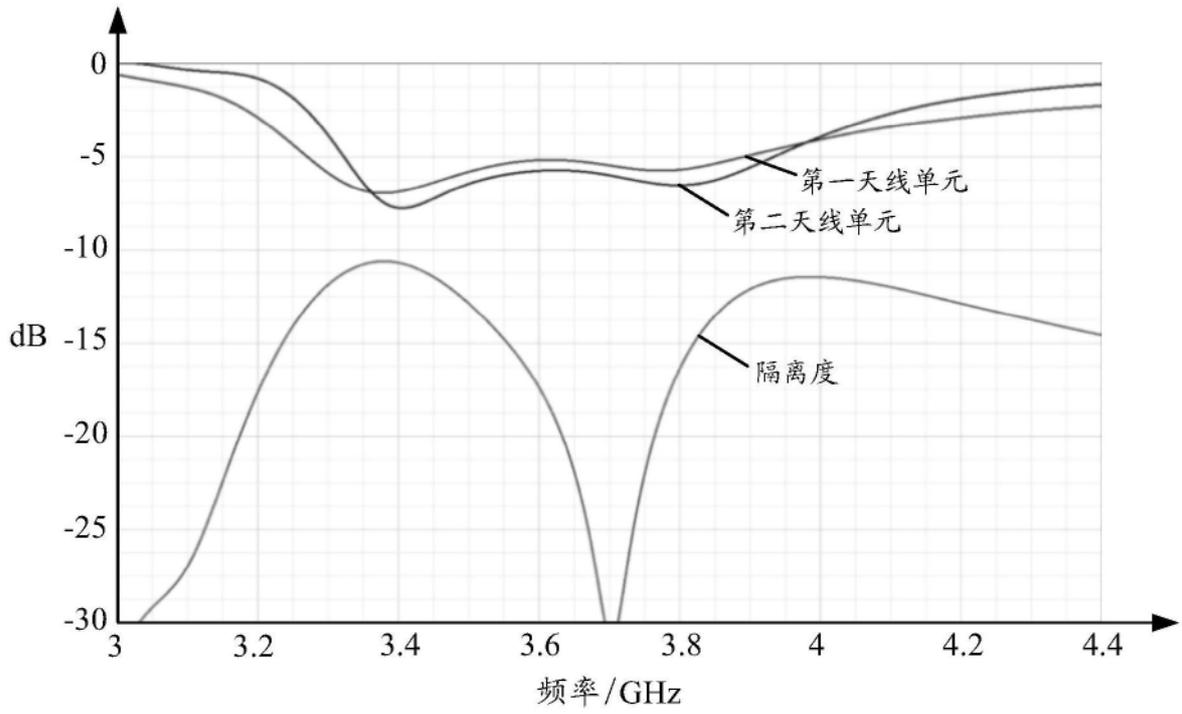


图9

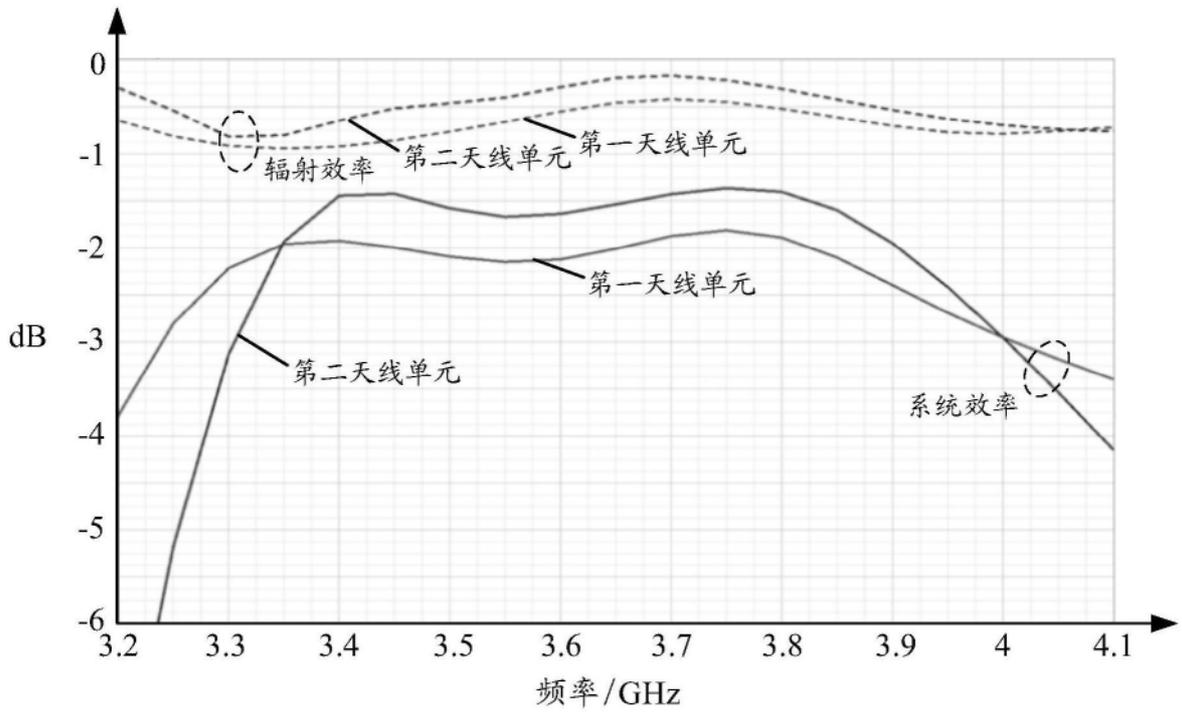


图10

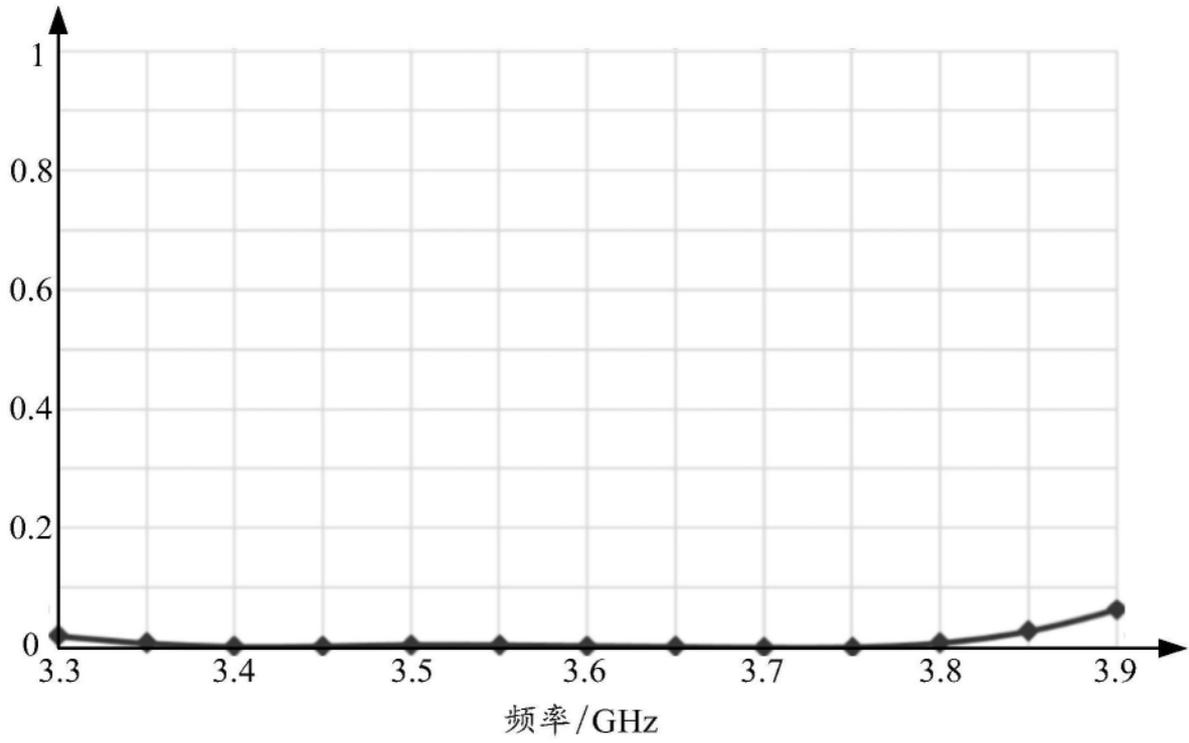
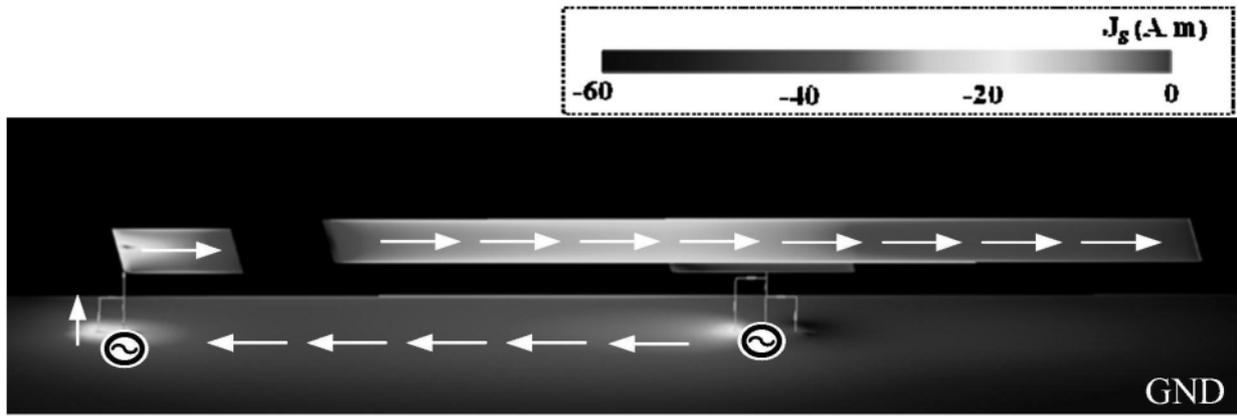
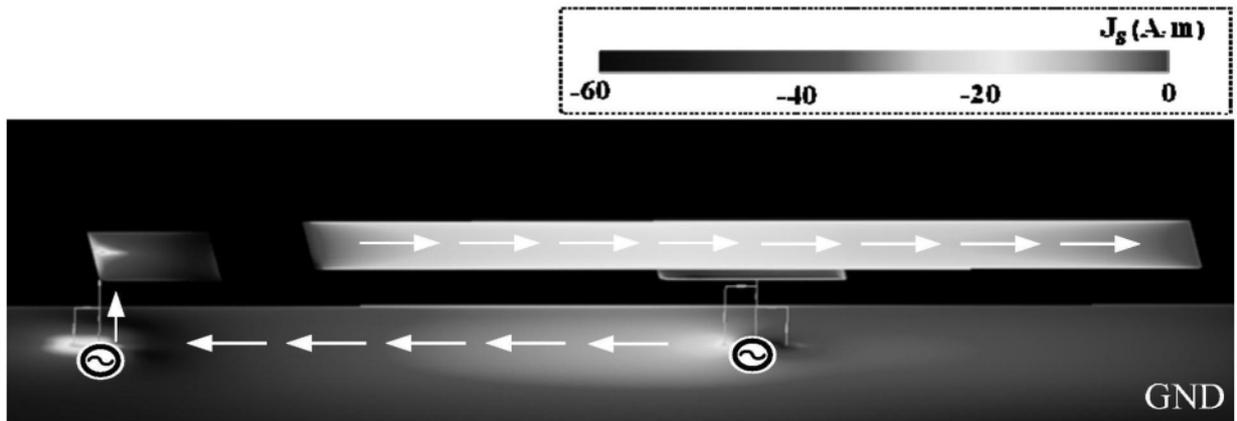


图11



3.33GHz

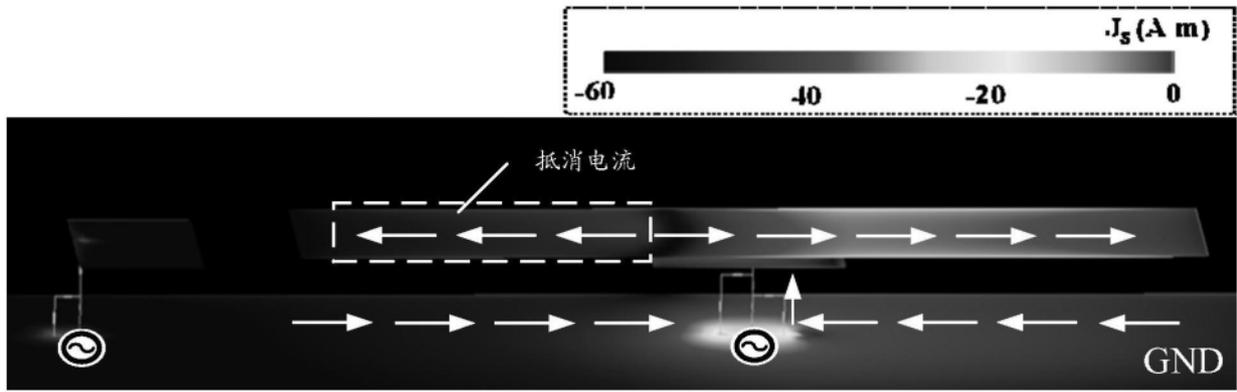
(a)



3.75GHz

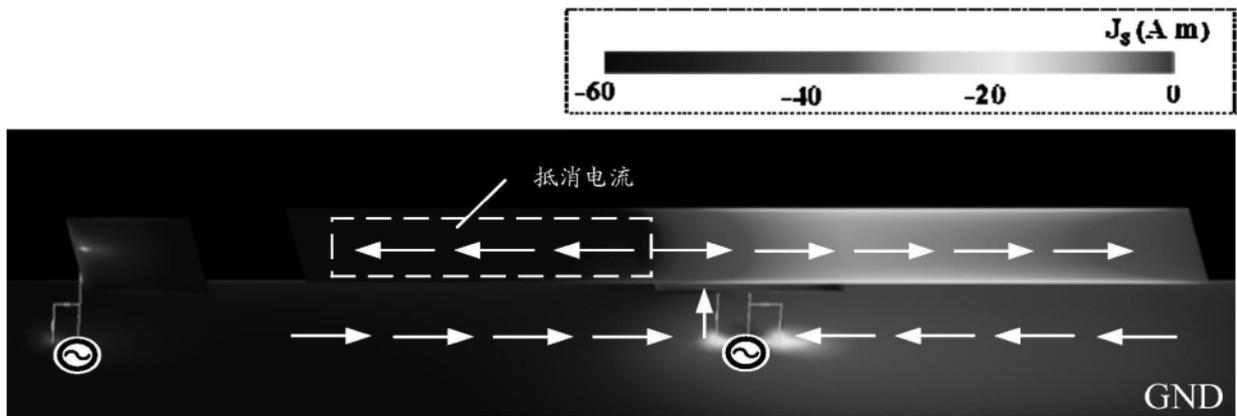
(b)

图12



3.39GHz

(a)



3.76GHz

(b)

图13

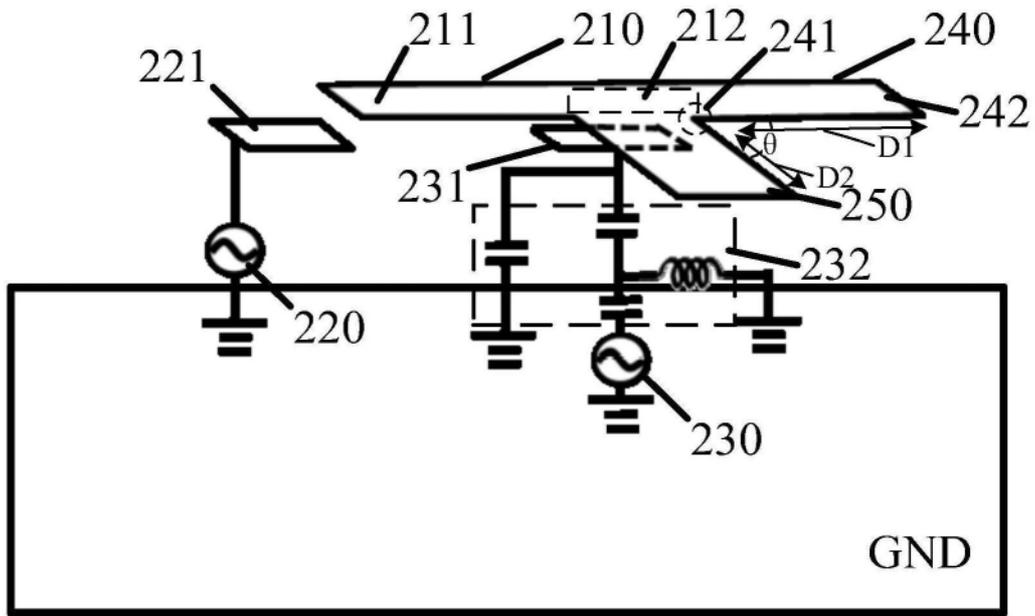


图14

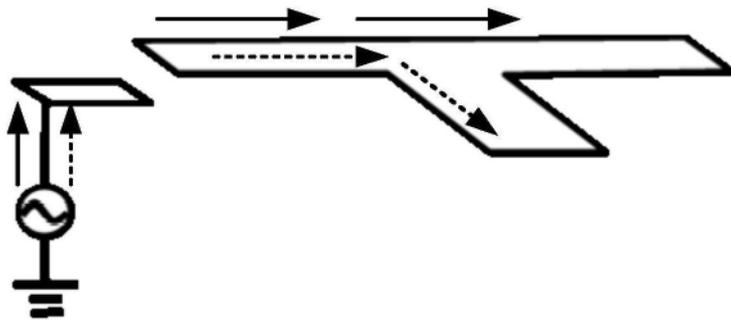


图15

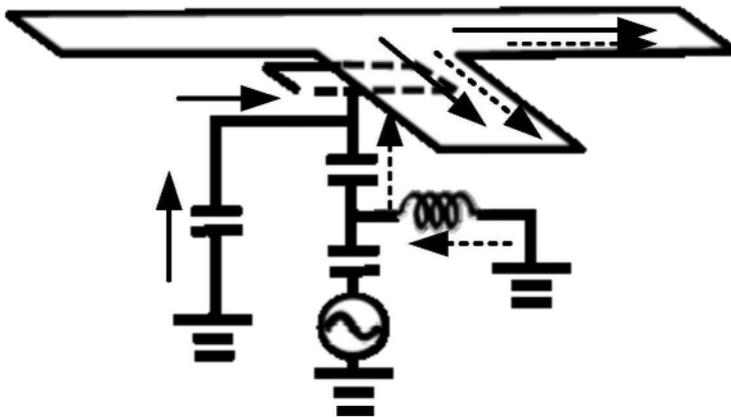


图16

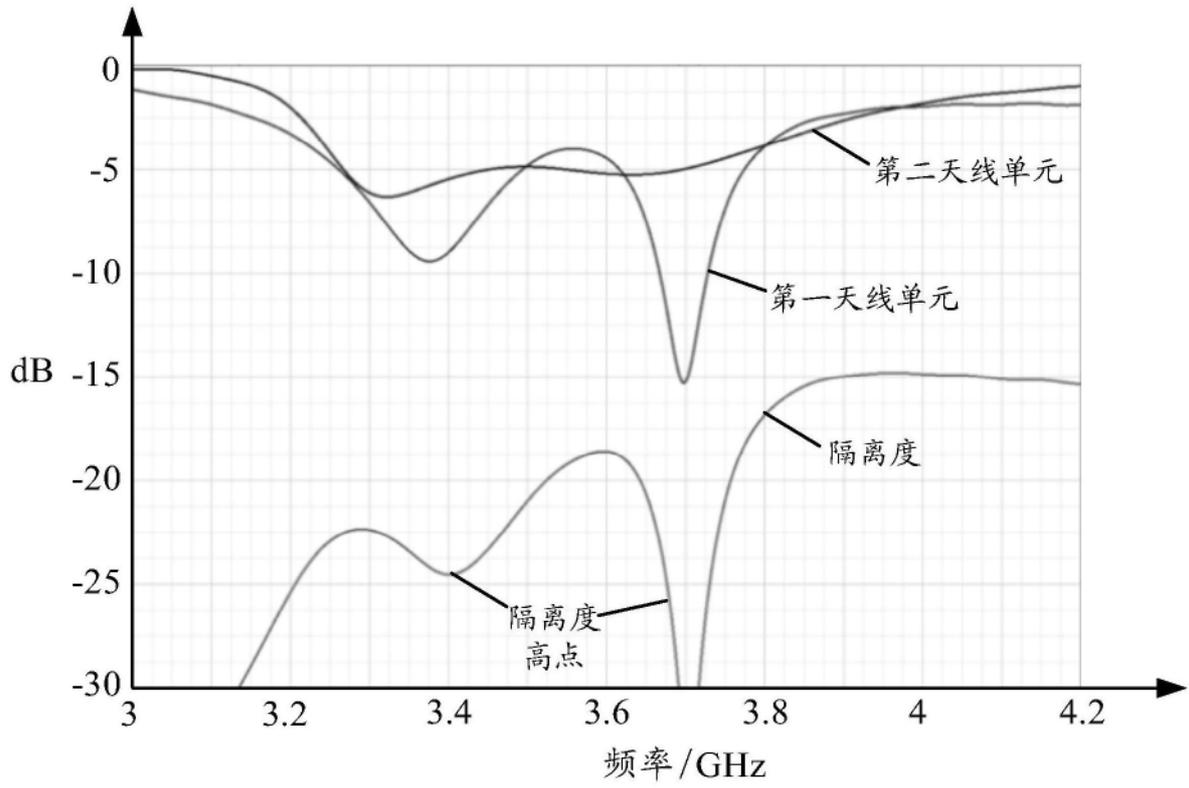


图17

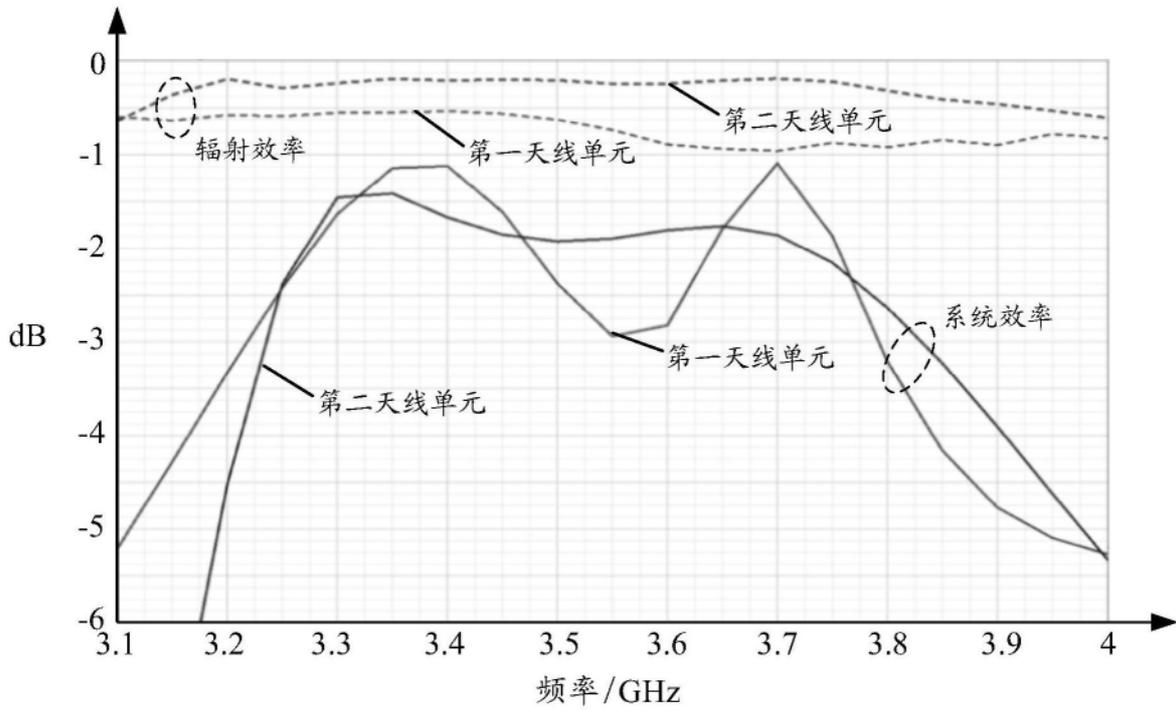


图18

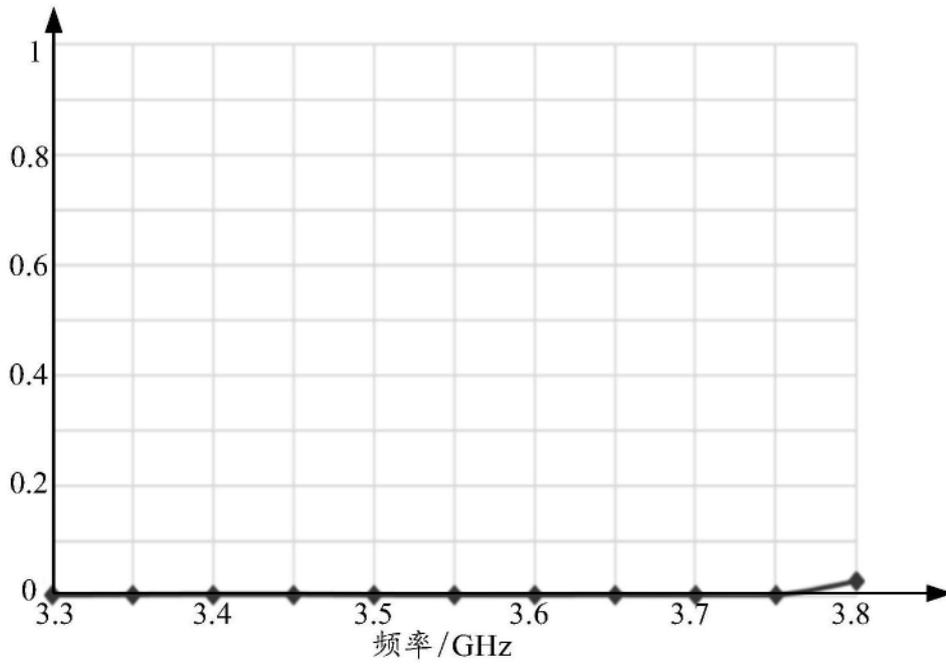


图19

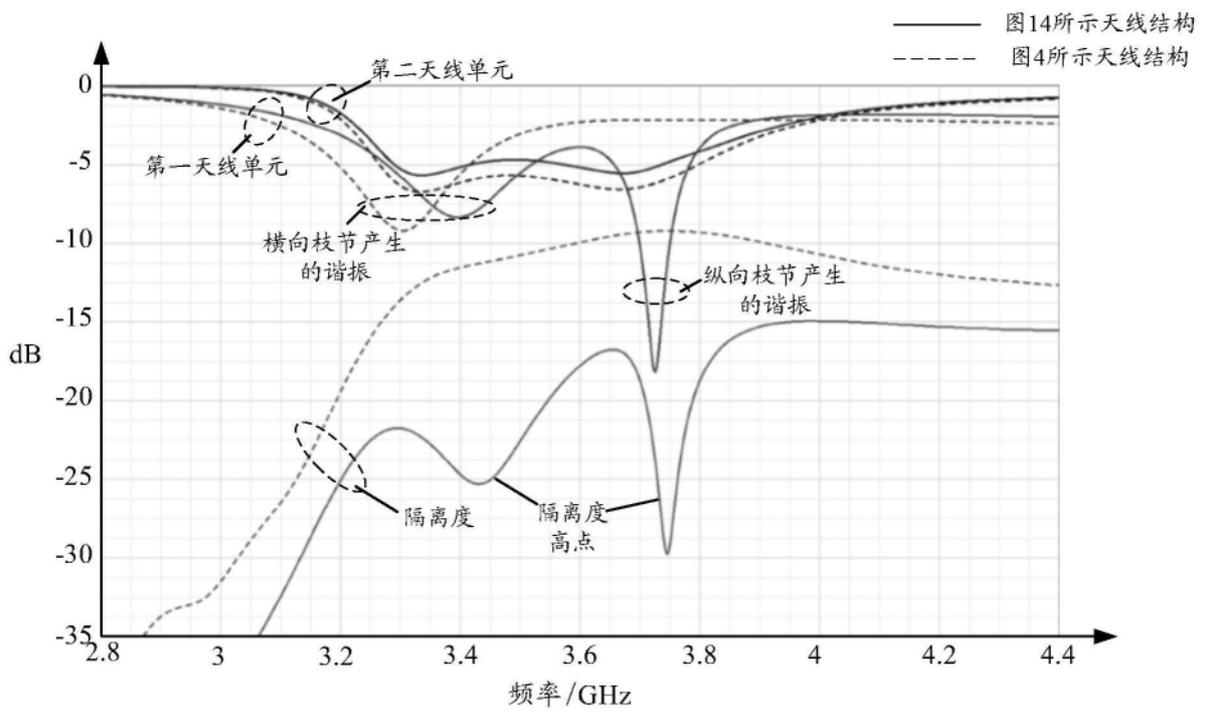
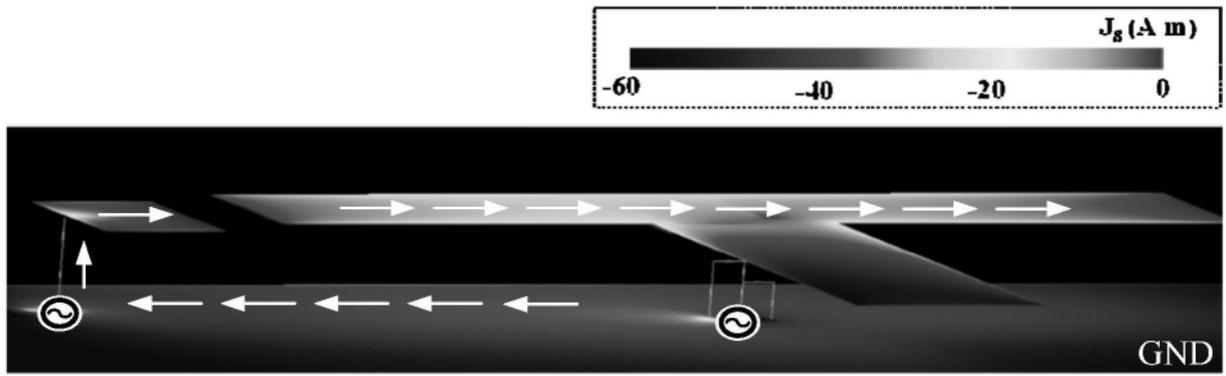
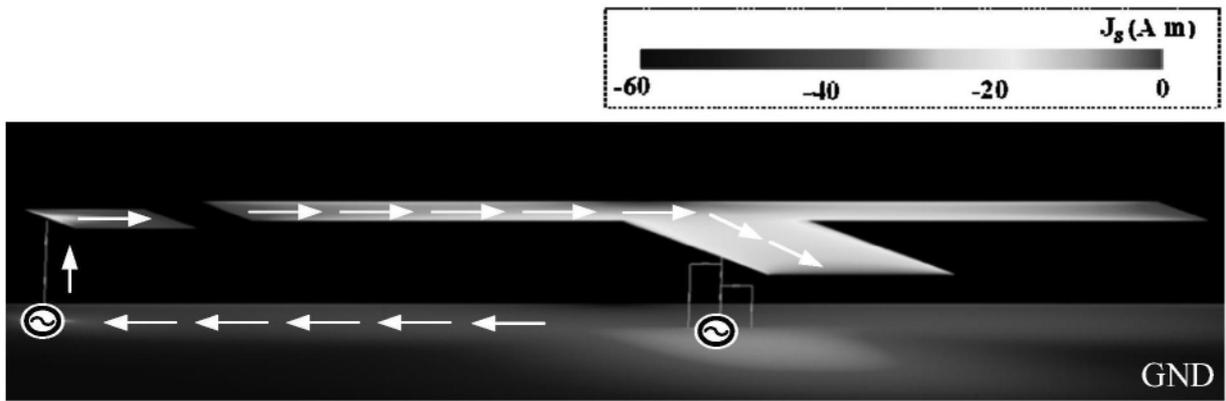


图20



3.48GHz

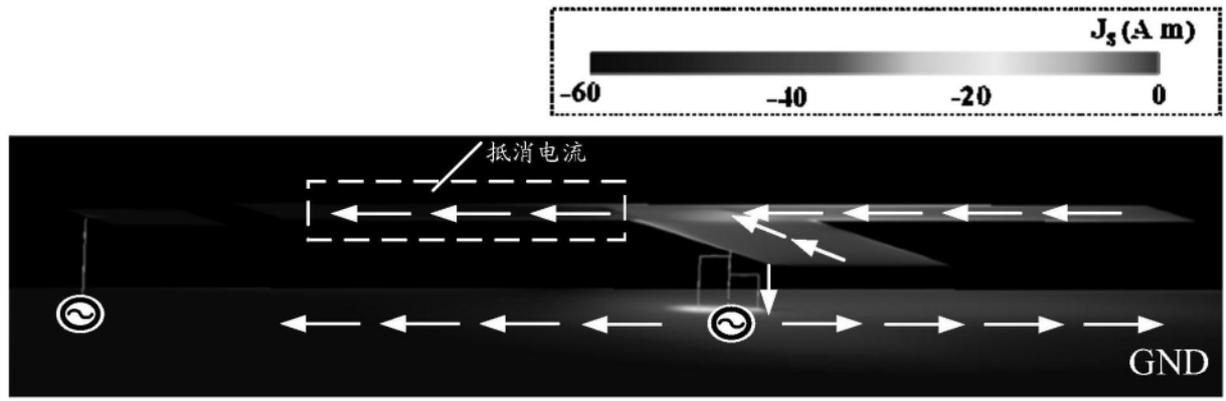
(a)



3.76GHz

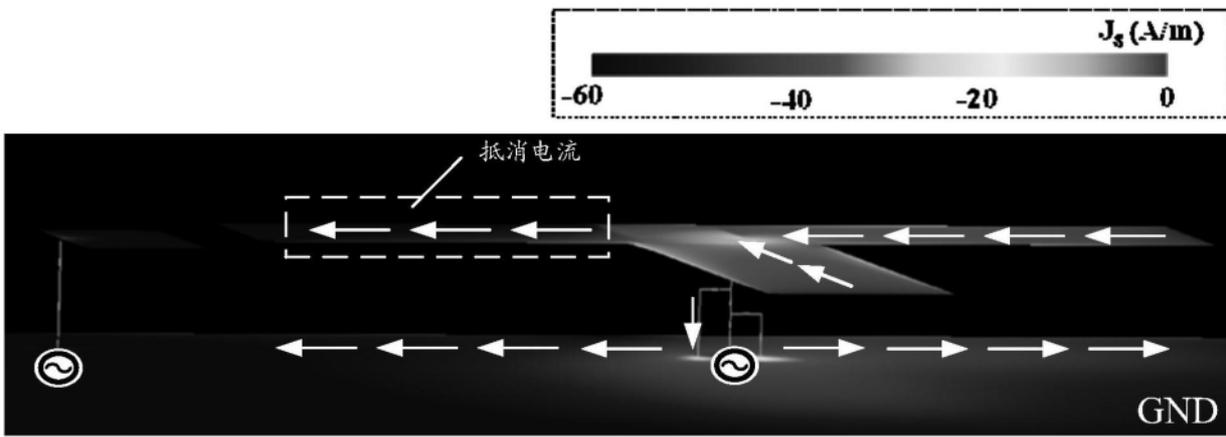
(b)

图21



3.45GHz

(a)



3.73GHz

(b)

图22

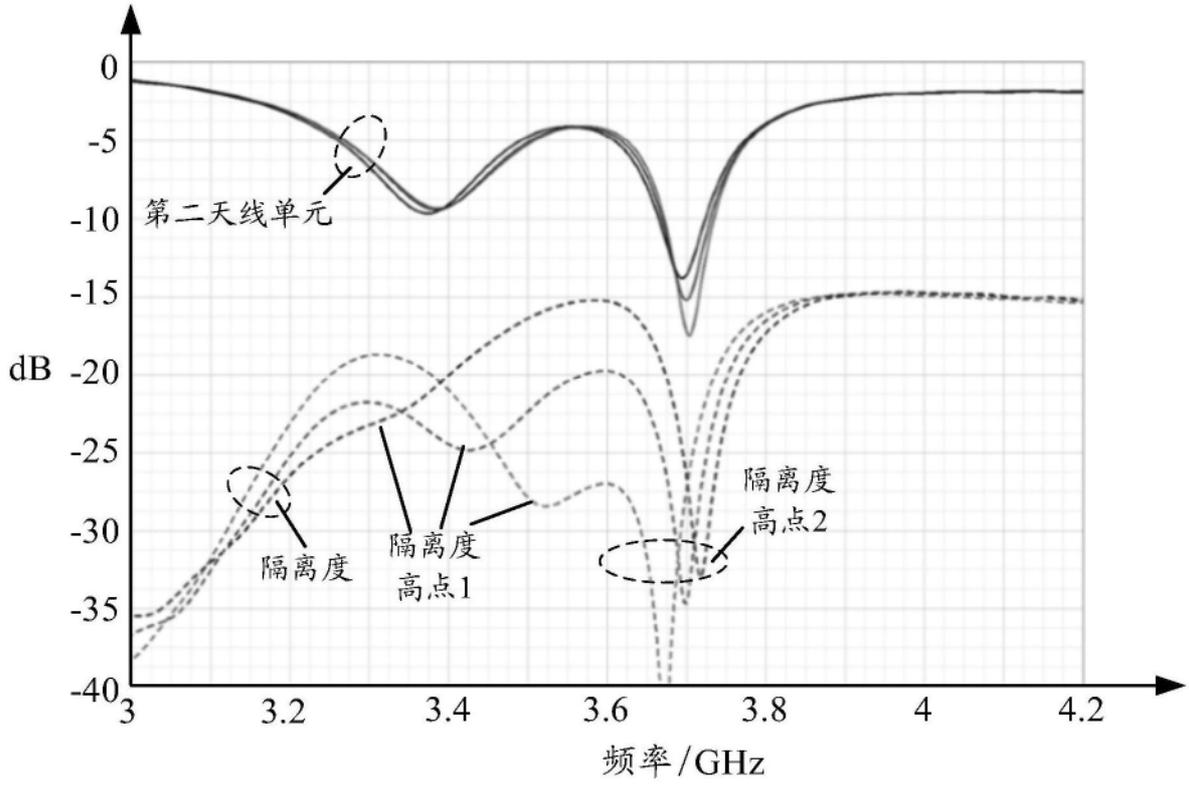


图23

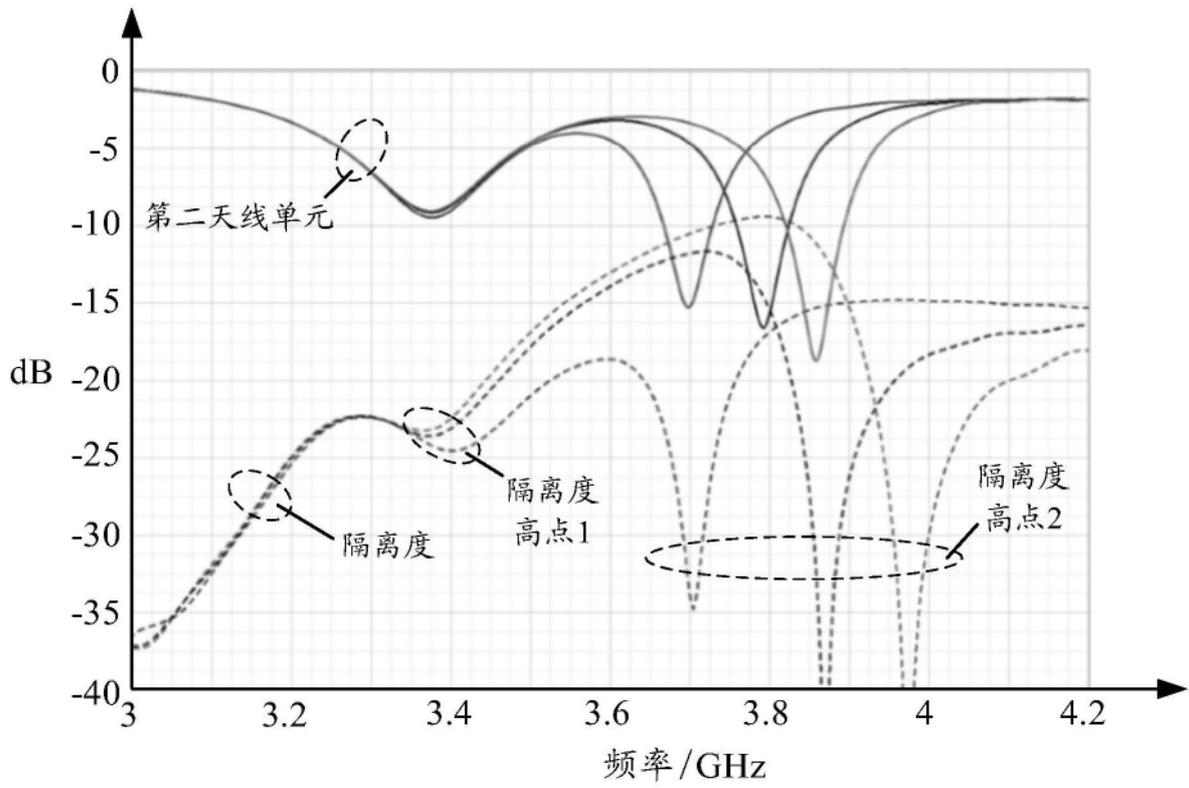


图24

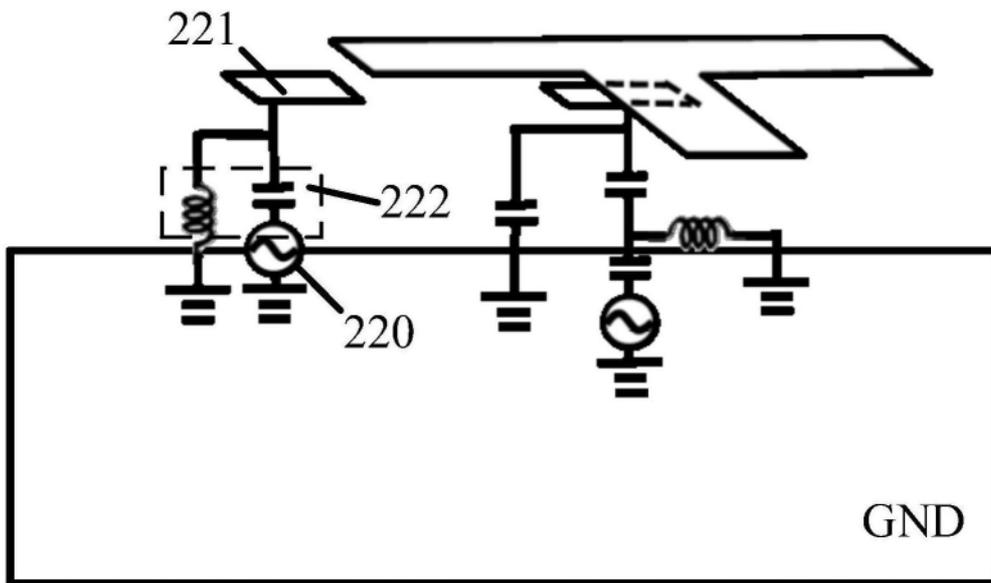


图25

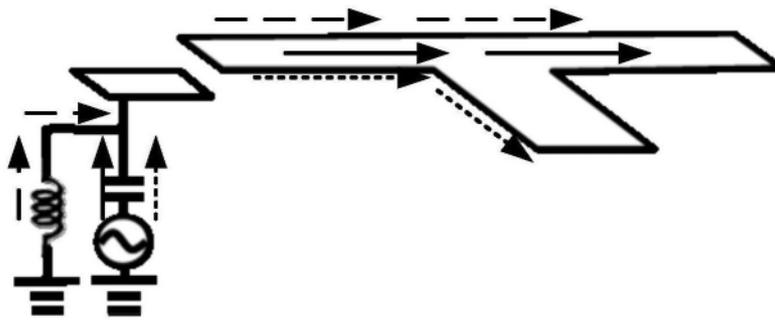


图26

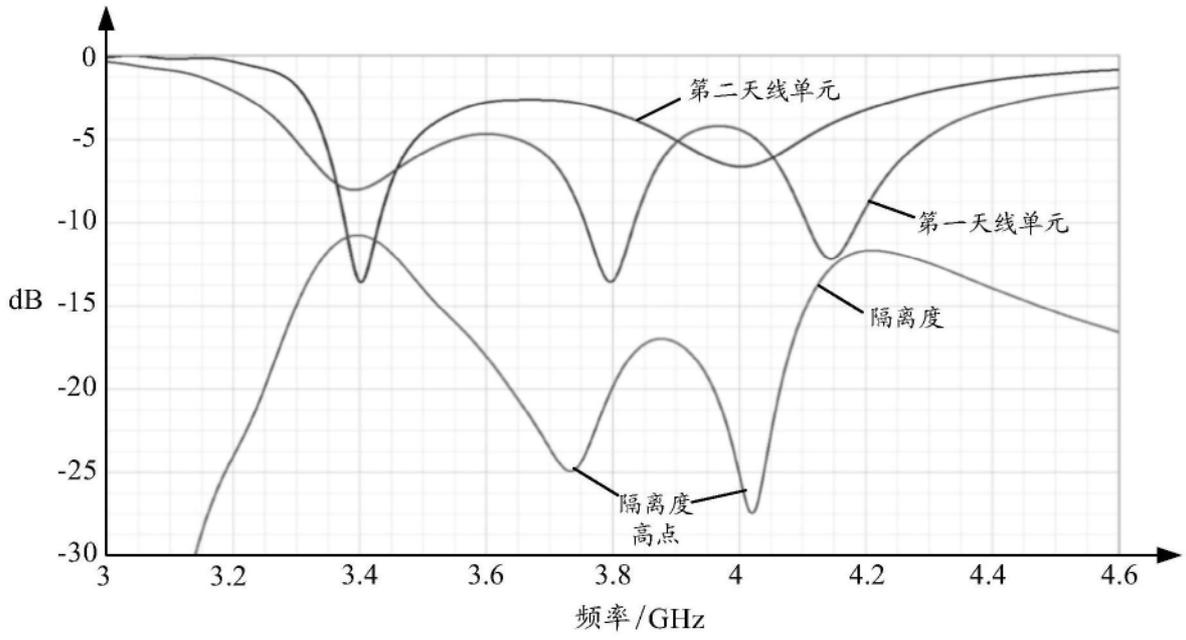


图27

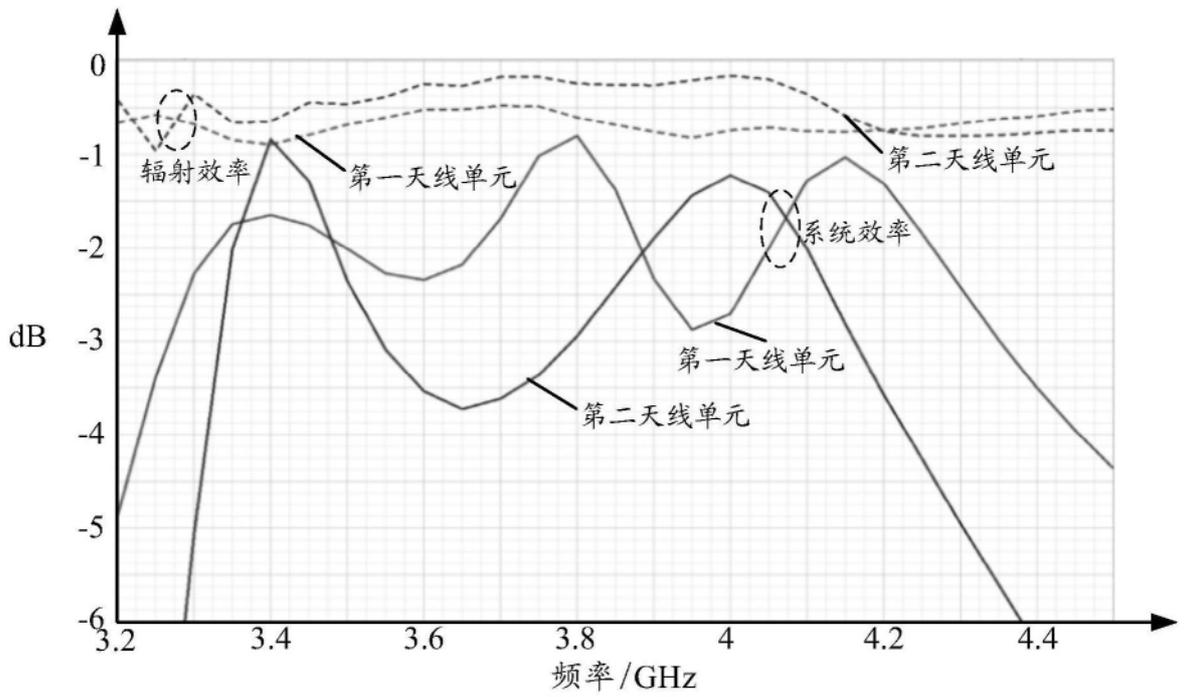


图28

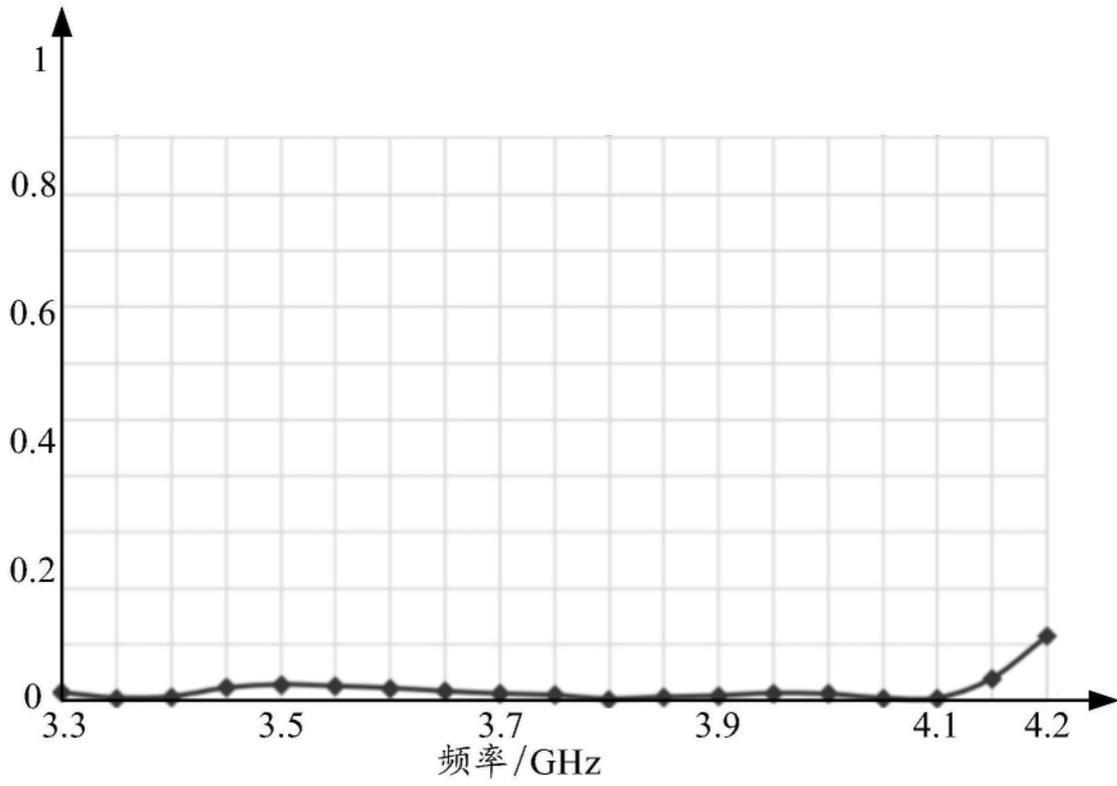


图29

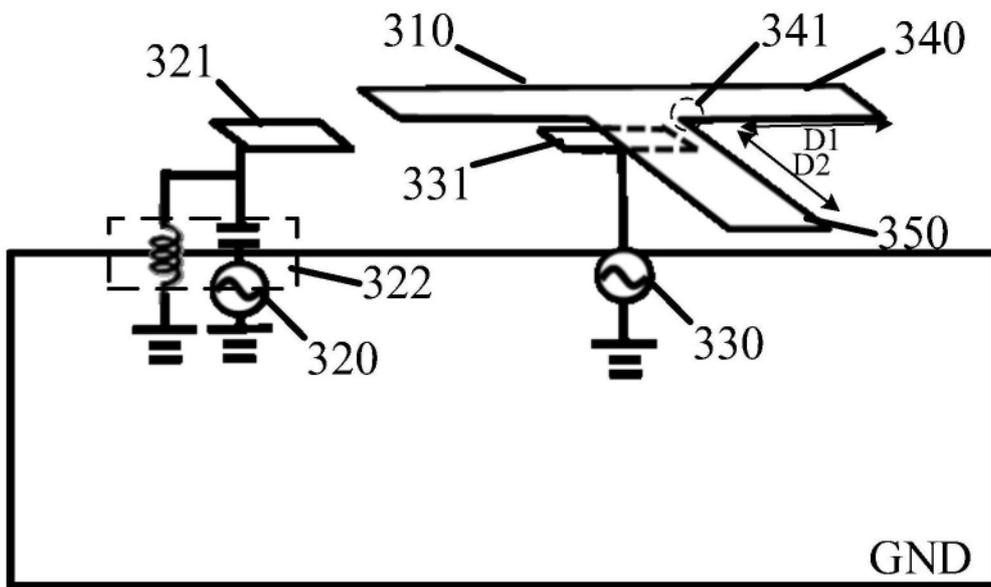


图30

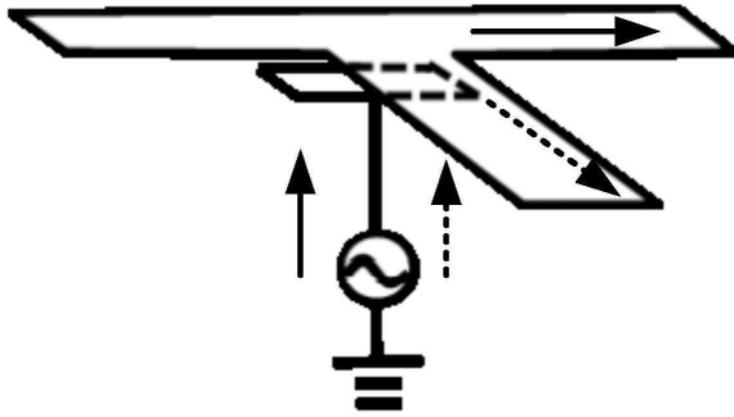


图31

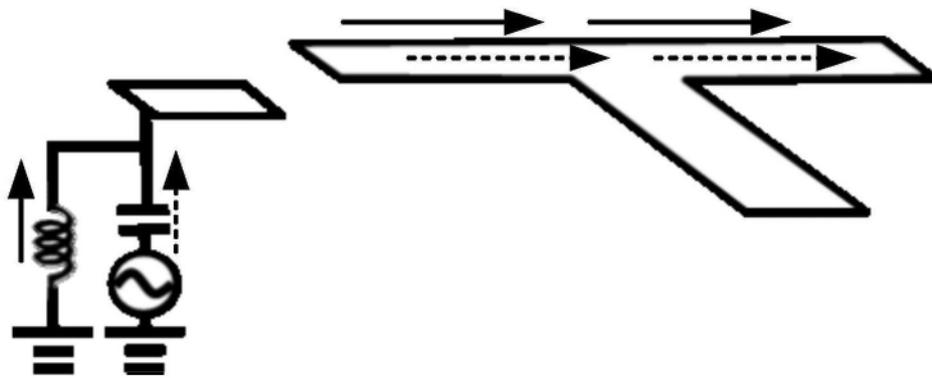


图32

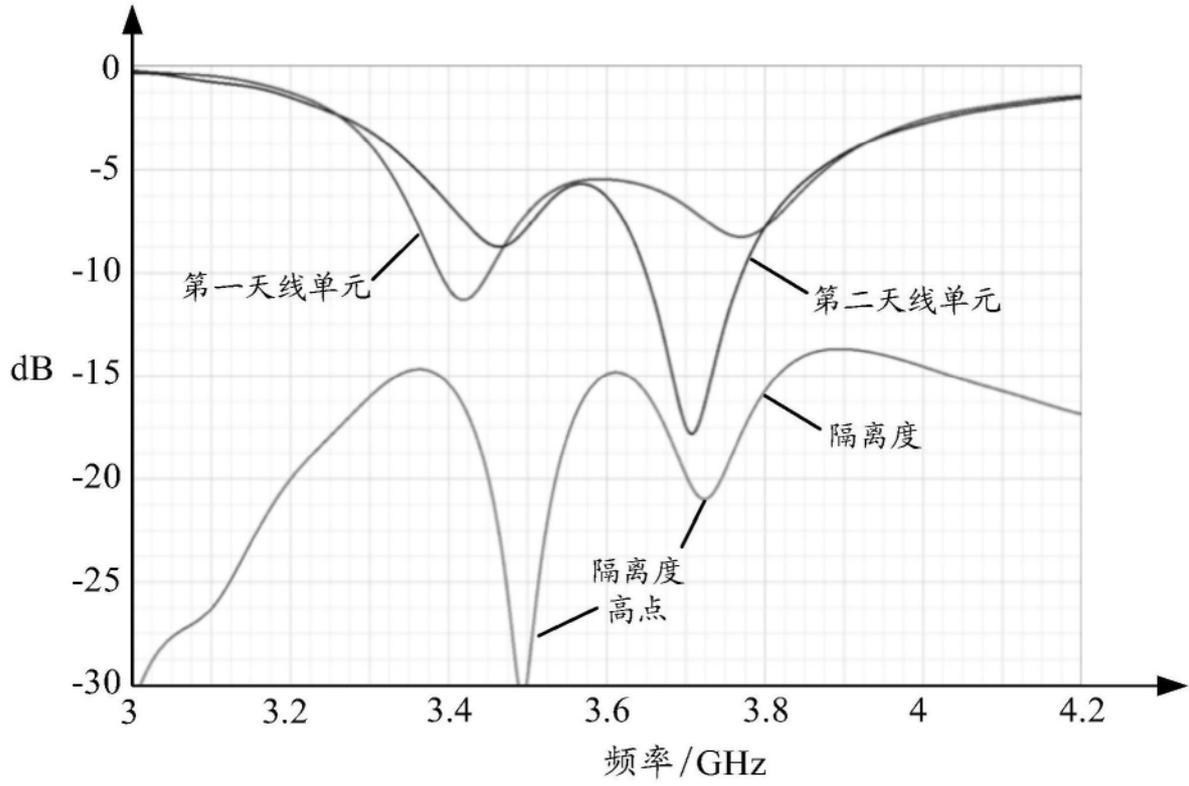


图33

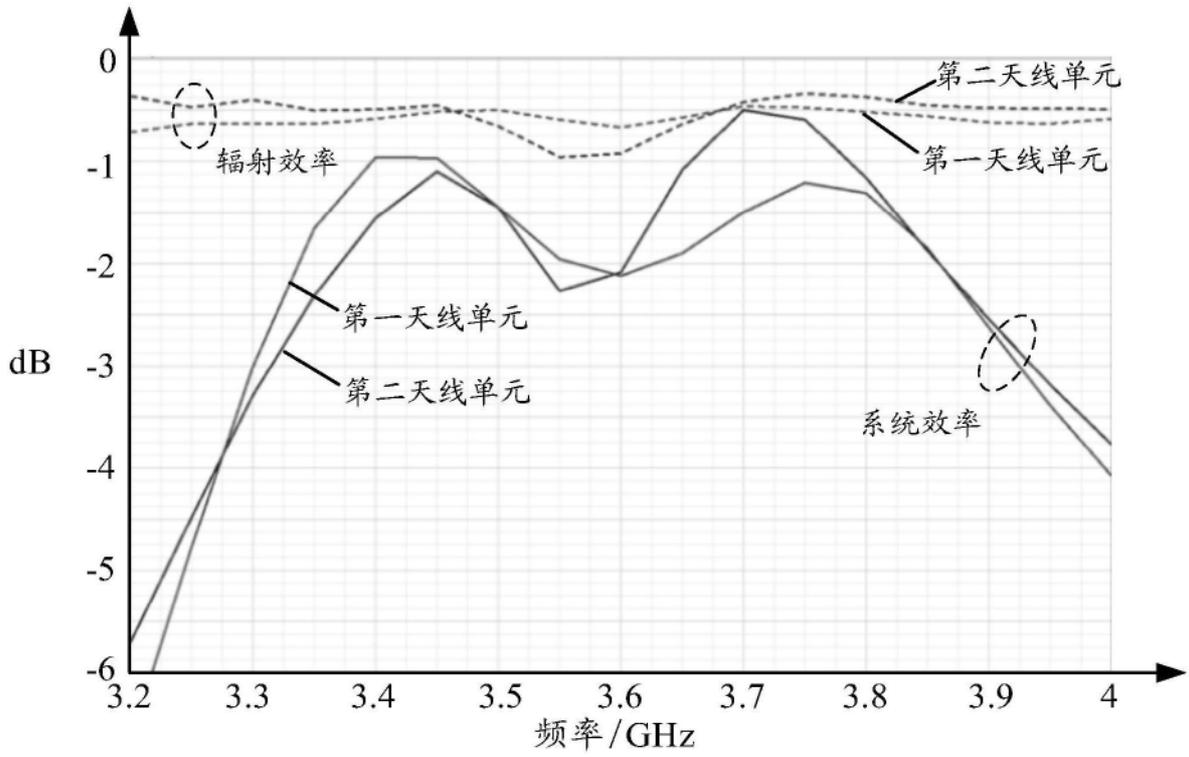


图34

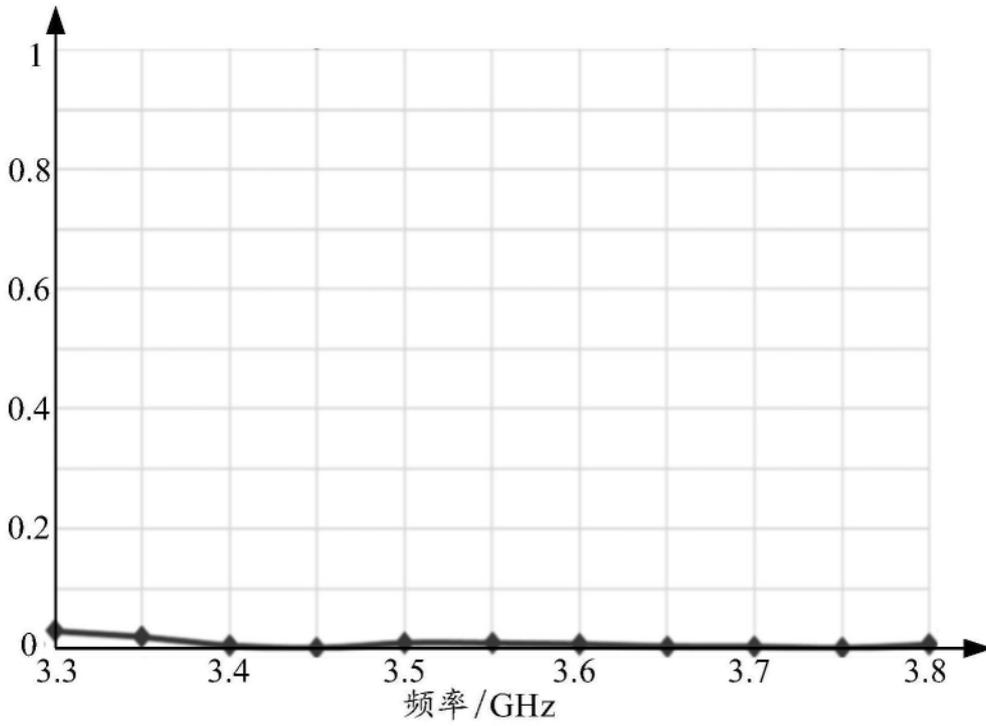


图35

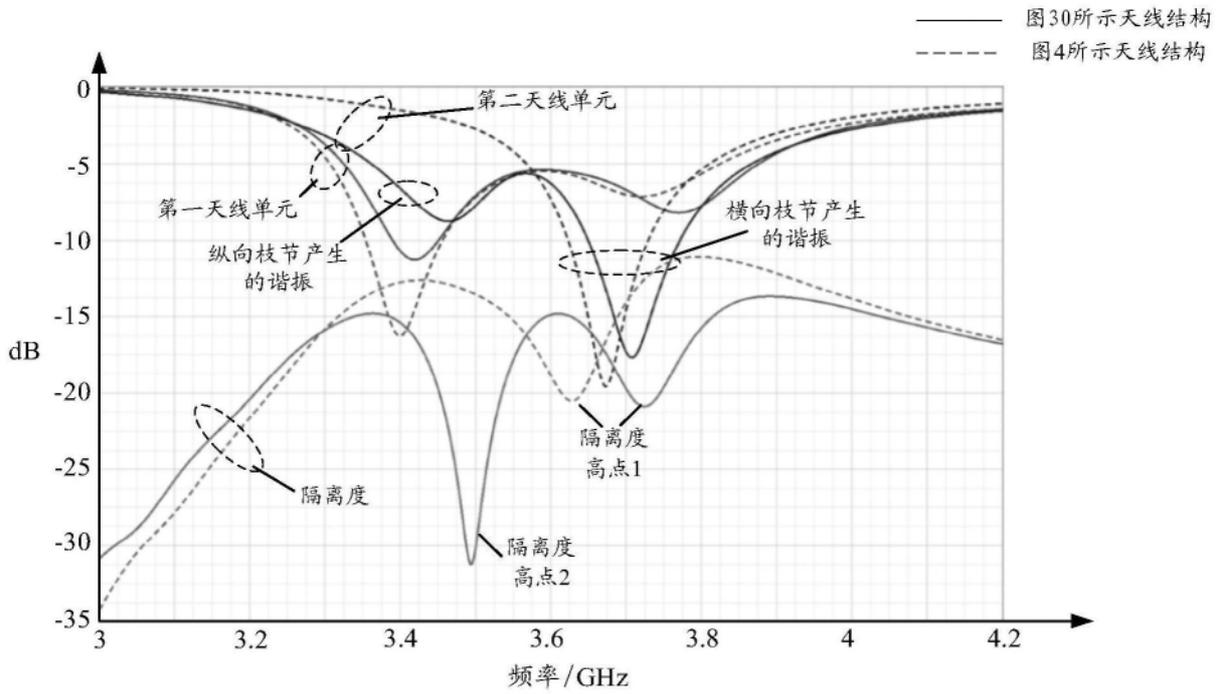
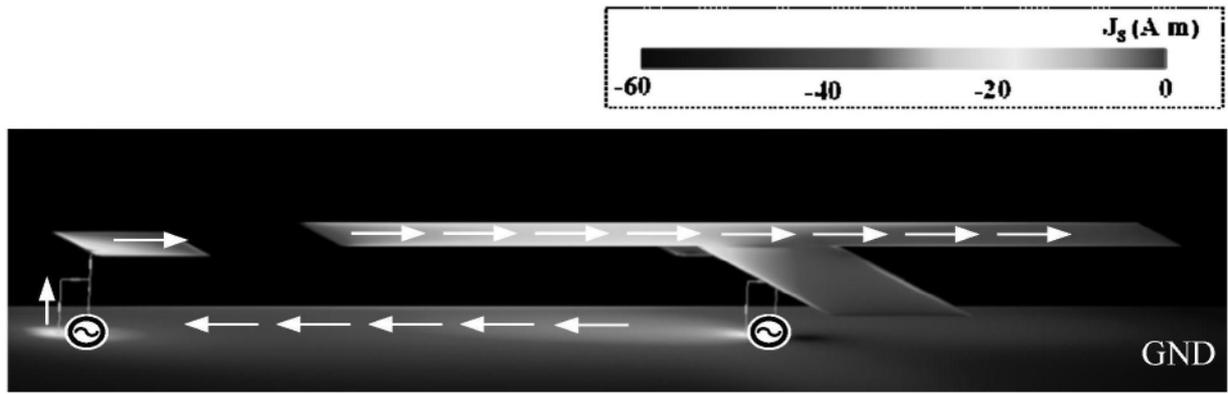
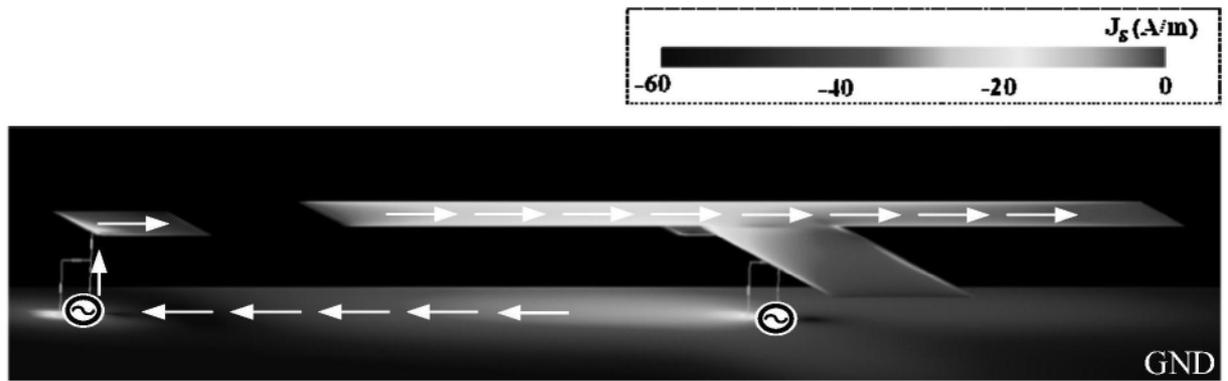


图36



3.42GHz

(a)



3.78GHz

(b)

图37

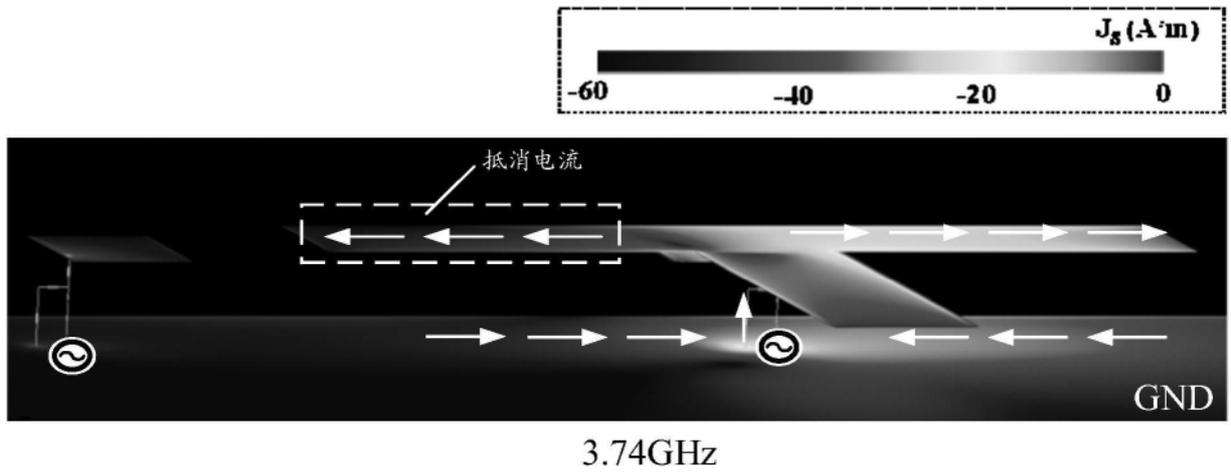
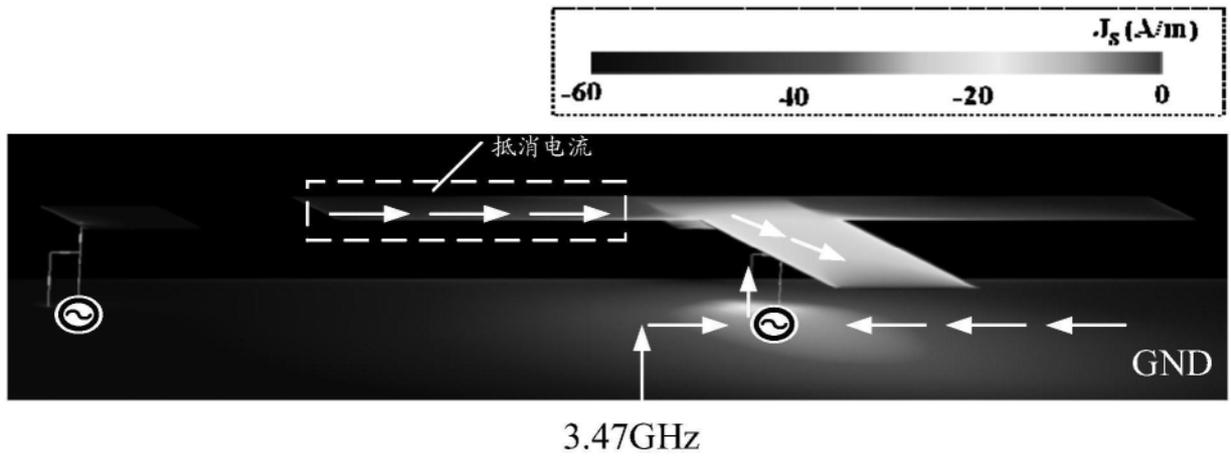


图38

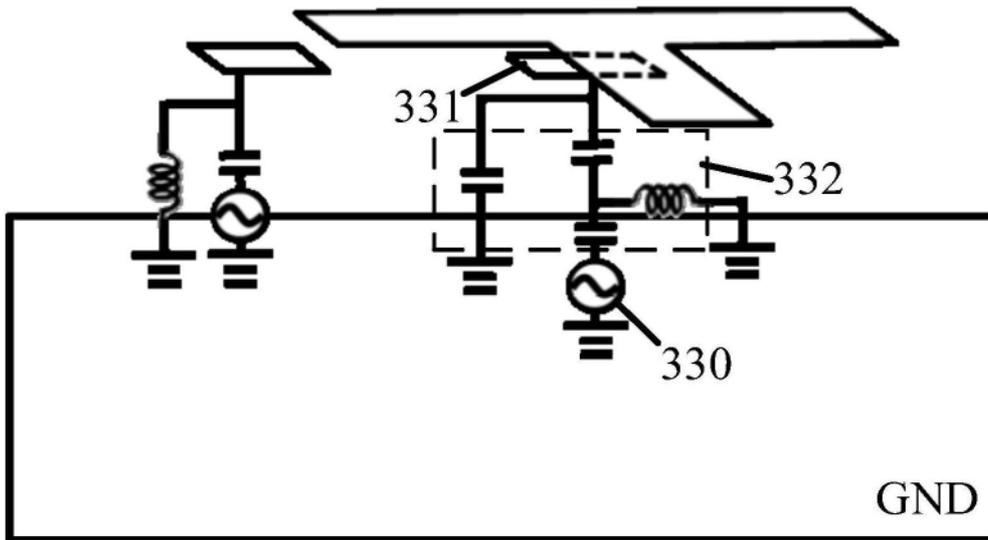


图39

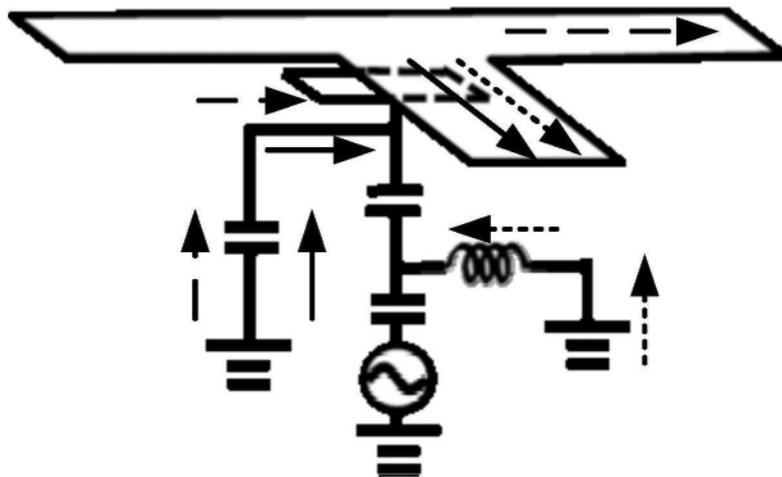


图40

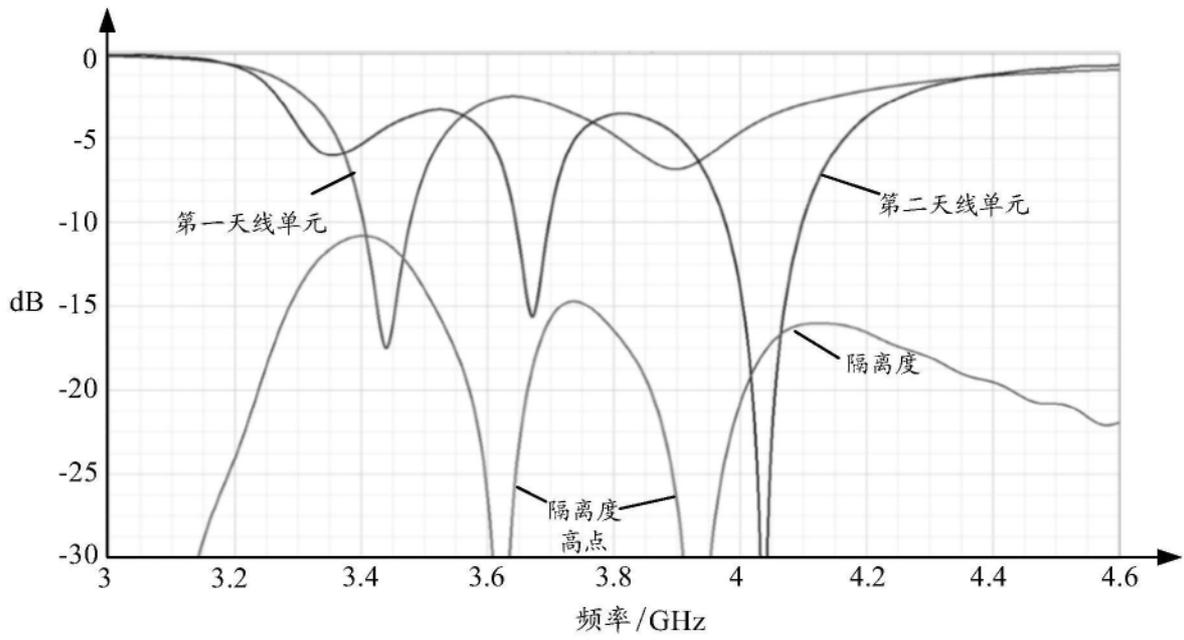


图41

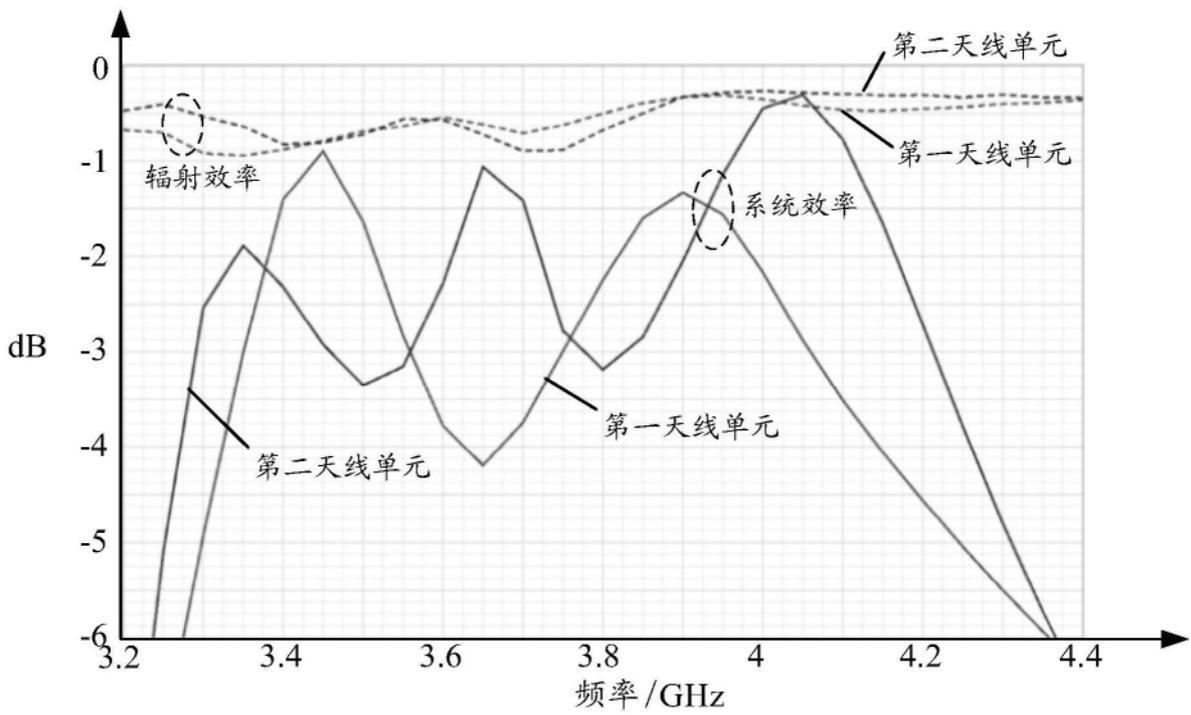


图42

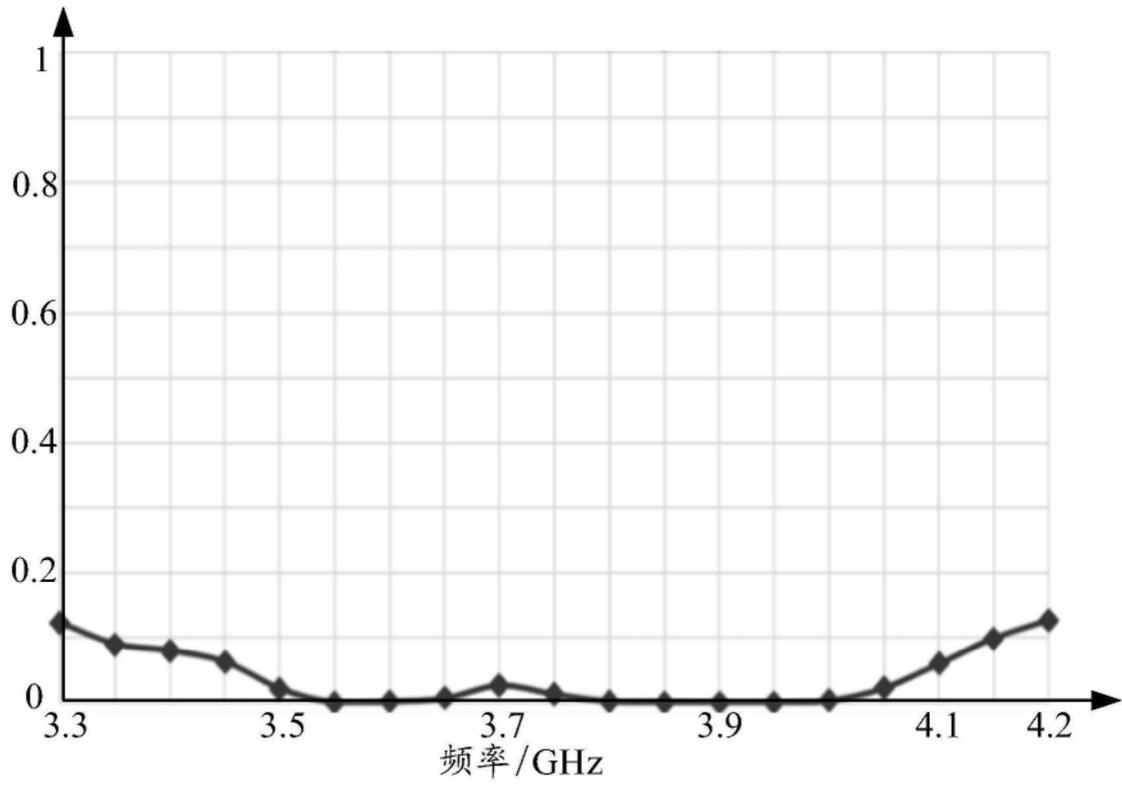


图43

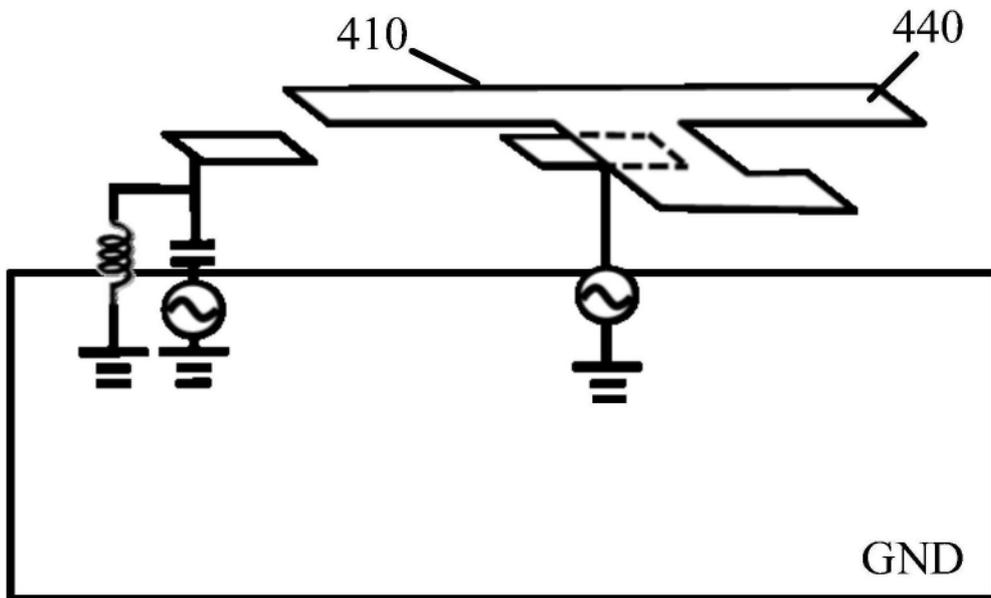


图44

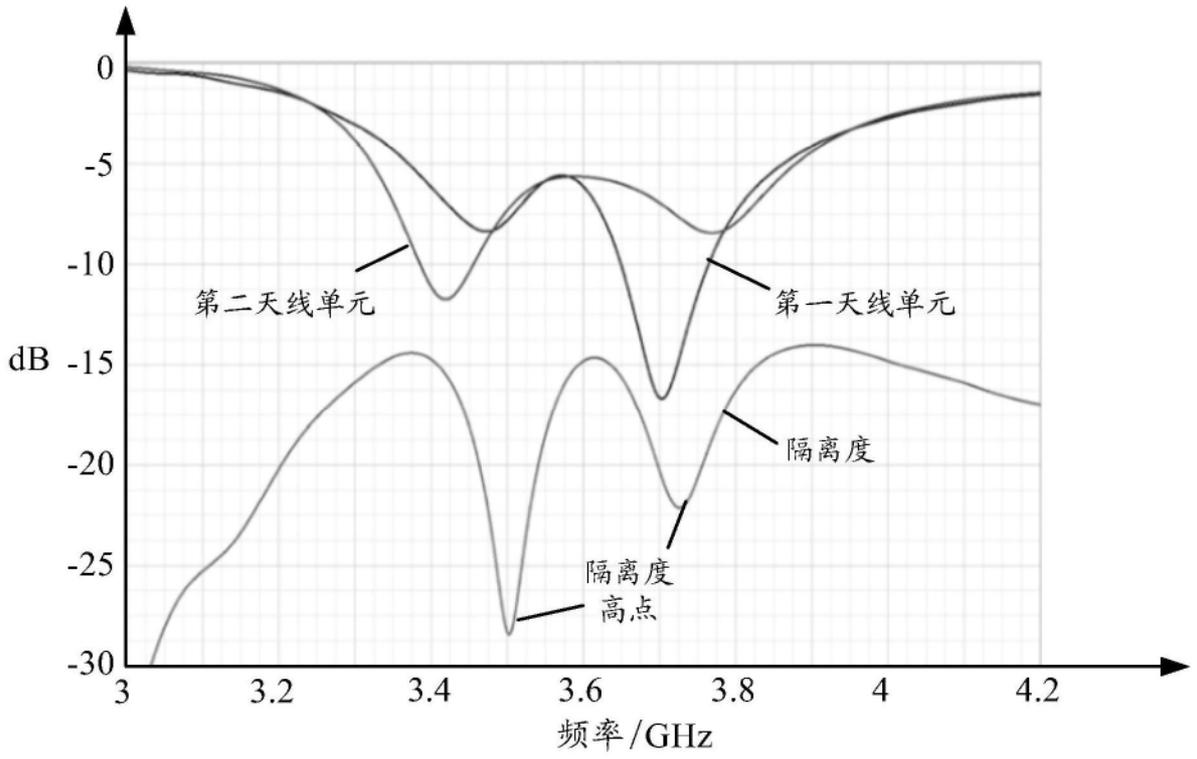


图45

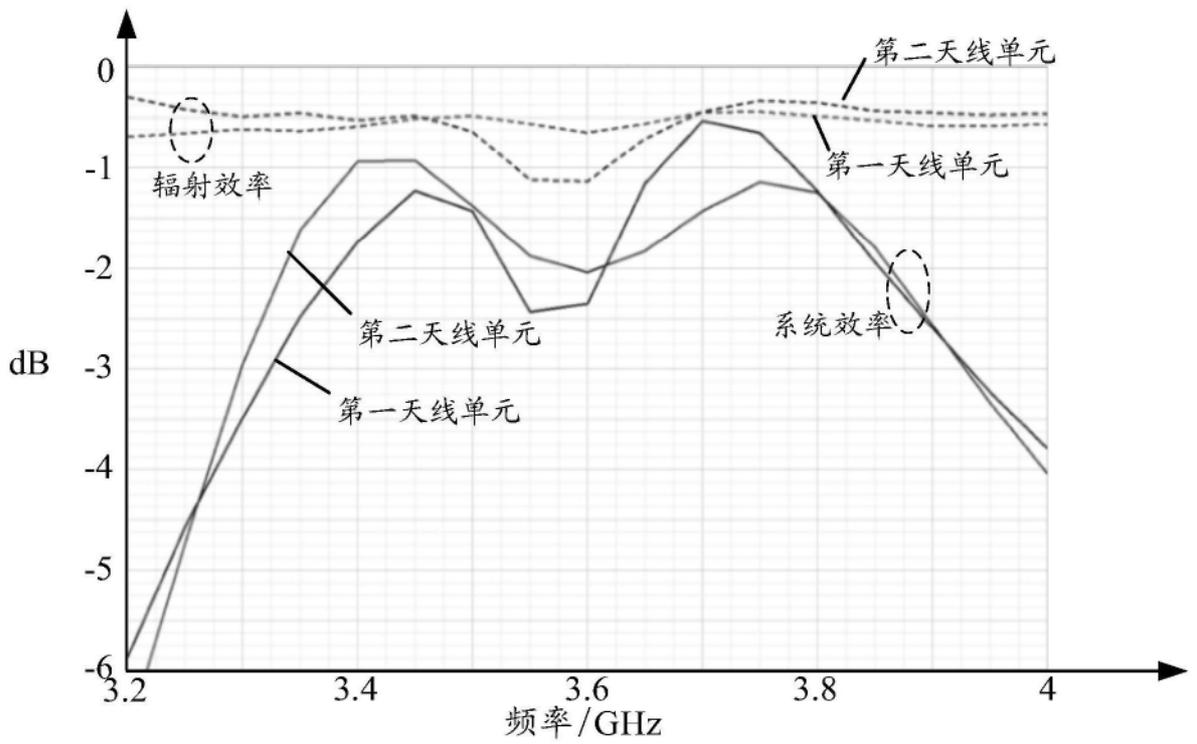


图46

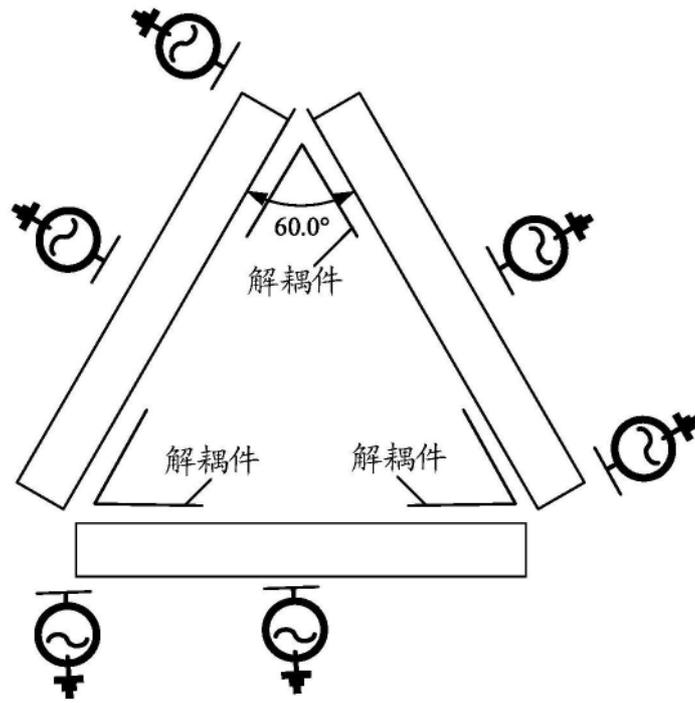


图47

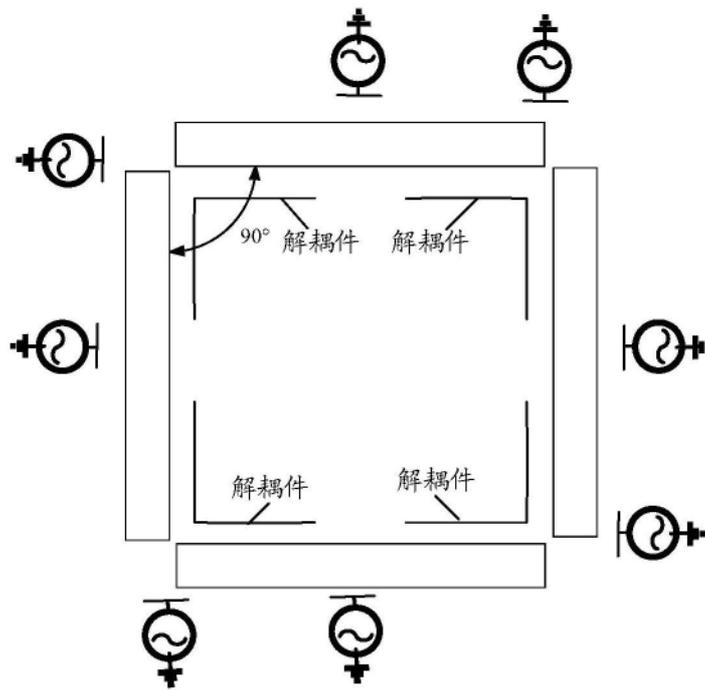


图48

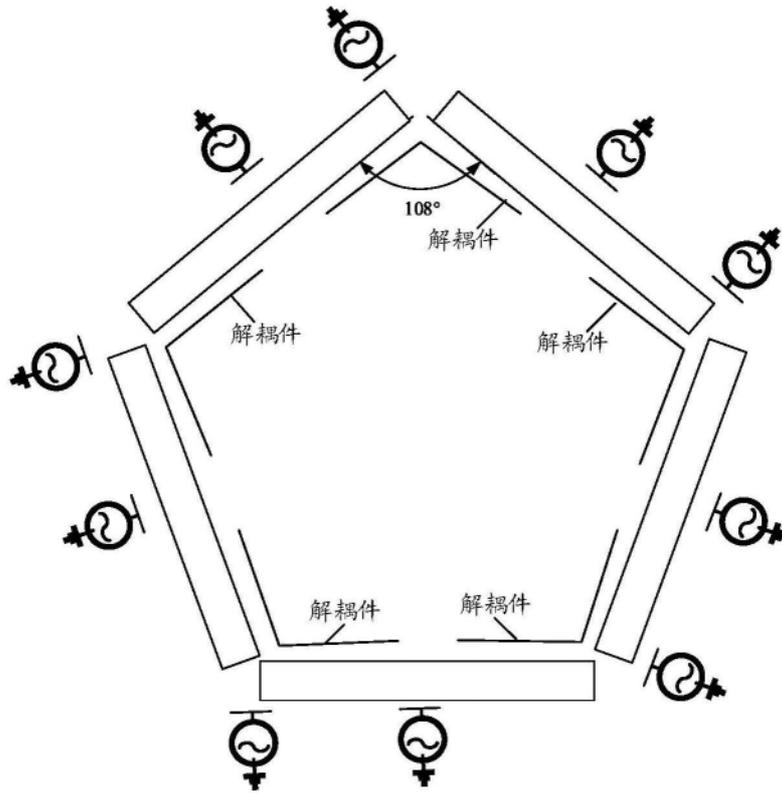


图49

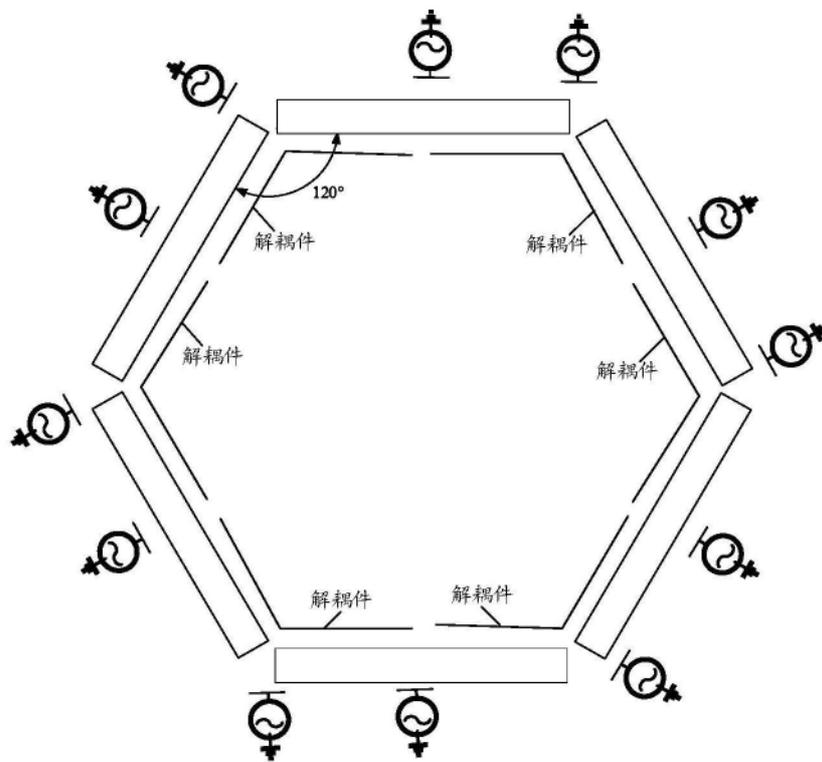


图50

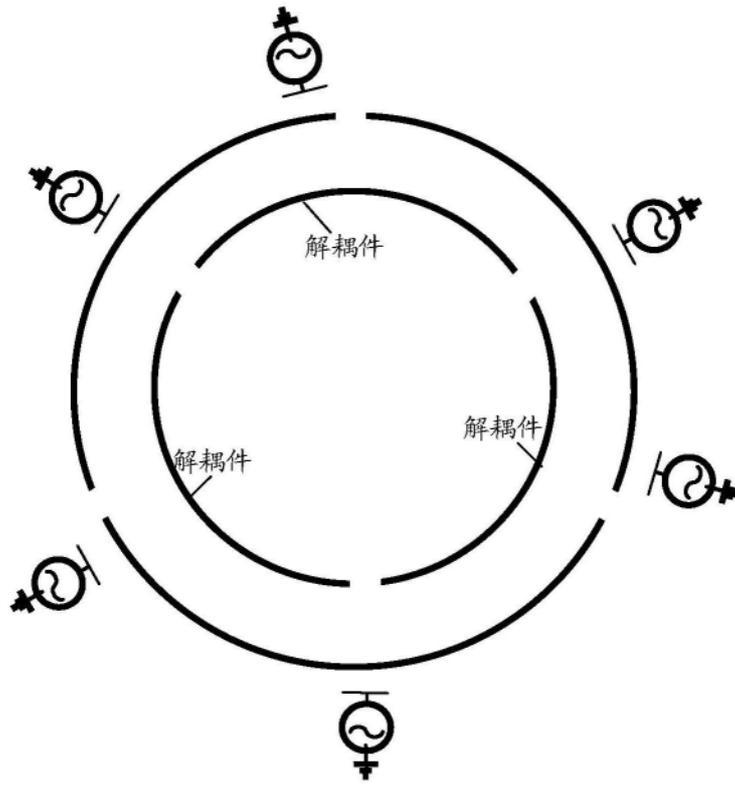


图51