



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112997359 B

(45) 授权公告日 2022. 07. 26

(21) 申请号 201880099170.6

(22) 申请日 2018.12.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112997359 A

(43) 申请公布日 2021.06.18

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.04.29

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2018/121513 2018.12.17

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/124315 ZH 2020.06.25

(73) 专利权人 华为技术有限公司
地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72) 发明人 张海伟 胡豪涛 张跃江

(74) 专利代理机构 北京中博世达专利商标代理有限公司 11274
专利代理师 申健

(51) Int.Cl.
H01Q 1/52 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2013027273 A1, 2013.01.31
CN 107546488 A, 2018.01.05
WO 2015052838 A1, 2015.04.16
CN 102280696 A, 2011.12.14

审查员 孙佳敏

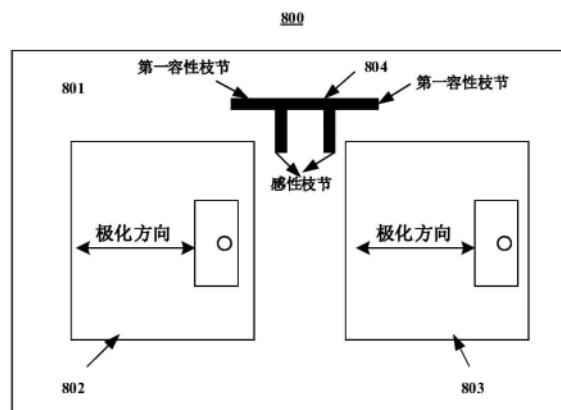
权利要求书2页 说明书13页 附图11页

(54) 发明名称

一种天线阵列去耦结构及天线阵列

(57) 摘要

本申请实施例公开了一种天线阵列去耦结构,该去耦结构位于两个相邻天线单元之间,该去耦结构包括:第一容性枝节、第二容性枝节、第一感性枝节、第二感性枝节以及连接枝节;该连接枝节用于连接该第一容性枝节、该第二容性枝节、该第一感性枝节和该第二感性枝节,该第一感性枝节和该第二感性枝节接地;该去耦结构可以同时支持电耦合和磁耦合,且该去耦结构可以根据电磁场辐射的分布情况在不同的区域分别引入电耦合与磁耦合,另一方面,该去耦结构本身是个移相网络,可以调整耦合的相位,在尽可能降低对天线原有性能的影响的前提下实现宽带耦合。



1. 一种天线阵列去耦结构,其特征在于,所述去耦结构位于两个相邻天线单元之间,相邻天线单元包括第一天线单元和第二天线单元,所述第一天线单元包括第一边界和第二边界,所述第二天线单元包括第三边界和第四边界;其中,所述第一边界平行于所述第一天线单元的极化方向,所述第二边界垂直于所述第一天线单元的极化方向,所述第三边界平行于所述第二天线单元的极化方向,所述第四边界垂直于所述第二天线单元的极化方向,所述去耦结构包括:第一容性枝节、第二容性枝节、第一感性枝节、第二感性枝节以及连接枝节,所述第一容性枝节靠近所述第一边界,所述第一感性枝节靠近所述第二边界,所述第二容性枝节靠近所述第三边界,所述第二感性枝节靠近所述第四边界;

所述连接枝节用于连接所述第一容性枝节、所述第二容性枝节、所述第一感性枝节和所述第二感性枝节,所述第一感性枝节和所述第二感性枝节接地。

2. 根据权利要求1所述的去耦结构,其特征在于,所述第一容性枝节和所述第一感性枝节连接在所述连接枝节的第一端,所述第二容性枝节和所述第二感性枝节连接在所述连接枝节的第二端。

3. 根据权利要求2所述的去耦结构,其特征在于,所述第一容性枝节串联连接在所述连接枝节的所述第一端,所述第一感性枝节并联连接在所述连接枝节的所述第一端,所述第二容性枝节串联连接在所述连接枝节的所述第二端,所述第二感性枝节并联连接在所述连接枝节的所述第二端。

4. 根据权利要求1所述的去耦结构,其特征在于,所述第一容性枝节和所述第二容性枝节沿第一方向延伸,所述第一感性枝节和所述第二感性枝节沿第二方向延伸,所述第一方向垂直于所述第二方向。

5. 根据权利要求4所述的去耦结构,其特征在于,所述第一方向与所述连接枝节的延伸方向平行。

6. 根据权利要求2所述的去耦结构,其特征在于,所述第一容性枝节和所述第一感性枝节均并联连接在所述连接枝节的所述第一端,所述第二容性枝节和所述第二感性枝节均并联连接在所述连接枝节的所述第二端,所述第一容性枝节和所述第二容性枝节接地。

7. 根据权利要求1至6任一项所述的去耦结构,其特征在于,所述第一容性枝节和所述第二容性枝节包括:开路金属枝节或电容性器件;

所述第一感性枝节和所述第二感性枝节包括:接地金属枝节或电感性器件。

8. 根据权利要求1至6任一项所述的去耦结构,其特征在于,所述连接枝节包括:电感性器件或电容性器件。

9. 根据权利要求1至6任一项所述的去耦结构,其特征在于,所述连接枝节为微带线连接枝节,所述第一容性枝节为第一微带线开路枝节,所述第二容性枝节为第二微带线开路枝节,所述第一感性枝节为第一接地过孔,所述第二感性枝节为第二接地过孔。

10. 根据权利要求9所述的去耦结构,其特征在于,所述接地过孔为直通过孔或弯折过孔。

11. 根据权利要求9所述的去耦结构,其特征在于,所述第一微带线开路枝节在第一平面内从所述微带线连接枝节的第一端向外部延伸,所述第二微带线开路枝节在所述第一平面内从所述微带线连接枝节的第二端向外部延伸,所述第一平面为所述微带线连接枝节所在的平面;

所述第一接地过孔和所述第二接地过孔在第二平面内垂直于所述微带线连接枝节延伸,所述第二平面垂直于所述第一平面。

12. 根据权利要求9所述的去耦结构,其特征在于,所述第一微带线开路枝节在第一平面内从所述微带线连接枝节的第一端向外部延伸,所述第二微带线开路枝节在所述第一平面内从所述微带线连接枝节的第二端向外部延伸,所述第一平面为所述微带线连接枝节所在的平面;

所述第一接地过孔和所述第二接地过孔在所述第一平面内垂直于所述微带线连接枝节延伸第一长度之后,继续在第二平面内延伸,所述第二平面垂直于所述第一平面。

13. 根据权利要求9所述的去耦结构,其特征在于,所述第一微带线开路枝节和所述第二微带线开路枝节在第一平面内垂直于所述微带线连接枝节延伸,所述第一平面为所述微带线连接枝节所在的平面;

所述第一接地过孔和所述第二接地过孔在所述第一平面内从所述微带线连接枝节的两端向外部延伸第一长度之后,继续在第二平面内延伸,所述第二平面垂直于所述第一平面。

14. 根据权利要求1至6任一项所述的去耦结构,其特征在于,所述去耦结构为对称结构,或者,所述去耦结构为非对称结构。

15. 一种天线阵列,其特征在于,所述天线阵列包括:至少两个天线单元以及根据权利要求1至14任一项所述的去耦结构,所述去耦结构位于所述至少两个天线单元中的相邻两个天线单元之间。

16. 根据权利要求15所述的天线阵列,其特征在于,所述天线阵列还包括:隔离墙,所述隔离墙包括围绕所述至少两个天线单元中的每个天线单元的多个金属接地过孔。

17. 根据权利要求16所述的天线阵列,其特征在于,所述隔离墙与所述去耦结构不相连。

18. 根据权利要求15至17任一项所述的天线阵列,其特征在于,对称结构的去耦结构位于所述天线阵列中的对称位置,所述天线阵列中的所述至少两个天线单元关于所述对称位置对称分布。

19. 根据权利要求15至17任一项所述的天线阵列,其特征在于,非对称结构的去耦结构位于所述天线阵列的非对称位置,所述天线阵列中的所述至少两个天线单元关于所述非对称位置非对称分布。

20. 根据权利要求15至17任一项所述的天线阵列,其特征在于,所述天线阵列的阵列形态包括:矩形阵列、圆形阵列或多边形阵列。

21. 根据权利要求15至17任一项所述的天线阵列,其特征在于,所述天线阵列中的天线单元包括单极化天线或双极化天线。

一种天线阵列去耦结构及天线阵列

技术领域

[0001] 本申请涉及无线通信领域,尤其涉及一种天线阵列去耦结构。

背景技术

[0002] 无线通信中,为了弥补路径损耗,实现高增益波束,需要用到天线阵列。天线阵列的工作频段通常为毫米波频段,也可能用于非毫米波频段,其中,毫米波的波长范围从1毫米到10毫米,频率范围从30吉赫(GHz)至300GHz;为了满足性能需求,天线阵列相邻振子之间的间距通常要小于工作频率波长的二分之一。较小的振子间距可以使得天线阵列尺寸较小,便于系统小型化;然而,振子间距缩小会导致天线单元之间存在较强的电磁能量耦合,工程上也简称天线互耦。天线互耦的影响主要有:单元增益及辐射效率降低,多输入多输出(Multiple-Input Multiple-Output, MIMO)信道容量降低,智能天线及多波束赋形的幅度/相位控制不理想,以及导致天线单元间隔度的恶化等。

[0003] 因此,如何对天线阵列单元实现去耦有重要意义。

发明内容

[0004] 本申请的实施例提供一种天线阵列去耦结构,有效实现了天线去耦。

[0005] 本申请第一方面提供了一种天线阵列去耦结构,该去耦结构位于两个相邻天线单元之间,该去耦结构包括:第一容性枝节、第二容性枝节、第一感性枝节、第二感性枝节以及连接枝节;该连接枝节用于连接该第一容性枝节、该第二容性枝节、该第一感性枝节和该第二感性枝节,该第一感性枝节和该第二感性枝节接地。

[0006] 本申请实施例提供的去耦结构包括等效为电臂的第一容性枝节和第二容性枝节、等效为磁臂的第一感性枝节和第二感性枝节,该等效电臂用于产生电耦合,该等效磁臂用于产生磁耦合,该去耦结构可以同时支持电耦合和磁耦合,另外由于产生电耦合和磁耦合的枝节是分离的,因此该去耦结构可以根据电磁场辐射的分布情况在不同的区域分别引入电耦合与磁耦合,尽可能降低对天线原有的辐射性能;另一方面,该去耦结构本身是个移相网络,可以调整耦合的相位,因此可以使去耦结构引入的等效耦合与相邻天线间的空间耦合等幅反相,在尽可能降低对天线原有性能的影响的前提下实现宽带耦合。

[0007] 在一种可能的实施方式中,该第一容性枝节和该第一感性枝节连接在该连接枝节的第一端,该第二容性枝节和该第二感性枝节连接在该连接枝节的第二端。

[0008] 在一种可能的实施方式中,该第一容性枝节串联连接在该连接枝节的该第一端,该第一感性枝节并联连接在该连接枝节的该第一端,该第二容性枝节串联连接在该连接枝节的该第二端,该第二感性枝节并联连接在该连接枝节的该第二端。

[0009] 本申请实施例提供的去耦结构中,两个容性枝节和两个感性枝节形成 π 型移相网络,以调整该去耦结构引入的耦合的相位。

[0010] 在一种可能的实施方式中,该第一容性枝节和该第二容性枝节沿第一方向延伸,该第一感性枝节和该第二感性枝节沿第二方向延伸,该第一方向垂直于该第二方向。

[0011] 在一种可能的实施方式中,该第一方向与该连接枝节的延伸方向平行。

[0012] 在一种可能的实施方式中,该第一容性枝节和该第一感性枝节均并联连接在该连接枝节的该第一端,该第二容性枝节和该第二感性枝节均并联连接在该连接枝节的所示第二端,该第一容性枝节和该第二容性枝节接地。

[0013] 在一种可能的实施方式中,该第一容性枝节和该第二容性枝节包括:开路金属枝节或电容性器件;该第一感性枝节和该第二感性枝节包括:接地金属枝节或电感性器件。

[0014] 在一种可能的实施方式中,该连接枝节包括:电感性器件或电容性器件。

[0015] 在一种可能的实施方式中,该连接枝节为微带线连接枝节,该第一容性枝节为第一微带线开路枝节,该第二容性枝节为第二微带线开路枝节,该第一感性枝节为第一接地过孔,该第二感性枝节为第二接地过孔。

[0016] 在一种可能的实施方式中,该接地过孔为直通过孔或弯折过孔。

[0017] 在一种可能的实施方式中,该第一微带线开路枝节在第一平面内从该微带线连接枝节的第一端向外部延伸,该第二微带线开路枝节在该第一平面内从该微带线连接枝节的第二端向外部延伸,该第一平面为该微带线连接枝节所在的平面;该第一接地过孔和该第二接地过孔在第二平面内垂直于该微带线连接枝节延伸,该第二平面垂直于该第一平面。

[0018] 在一种可能的实施方式中,该第一微带线开路枝节在第一平面内从该微带线连接枝节的第一端向外部延伸,该第二微带线开路枝节在该第一平面内从该微带线连接枝节的第二端向外部延伸,该第一平面为该微带线连接枝节所在的平面;该第一接地过孔和该第二接地过孔在该第一平面内垂直于该微带线连接枝节延伸第一长度之后,继续在第二平面内延伸,该第二平面垂直于该第一平面。

[0019] 在一种可能的实施方式中,该第一微带线开路枝节和该第二微带线开路枝节在第一平面内垂直于该微带线连接枝节延伸,该第一平面为该微带线连接枝节所在的平面;该第一接地过孔和该第二接地过孔在该第一平面内从该微带线连接枝节的两端向外部延伸第一长度之后,继续在第二平面内延伸,该第二平面垂直于该第一平面。

[0020] 在一种可能的实施方式中,该去耦结构为对称结构,或者,该去耦结构为非对称结构。

[0021] 如果在磁场辐射强的区域引入磁耦合,则会由于耦合的存在扰动磁场分布,进而影响天线磁场辐射并造成天线性能恶化;同理,在电场强的区域引入电耦合会影响天线正常的电场辐射。本申请实施例根据磁场或电场辐射强弱对应引入电耦合或者磁耦合,当磁场辐射强时则引入电耦合,当电场辐射强时则引入磁耦合,尽可能小的影响天线原有的磁场辐射和电场辐射,从而避免影响天线原本的性能,保证天线的正常工作状态。

[0022] 在一种可能的实施方式中,该去耦结构位于第一天线单元和第二天线单元之间,该第一天线单元和该第二天线单元为该天线阵列中的两个相邻天线单元;该第一天线单元包括第一边界和第二边界,该第二天线单元包括第三边界和第四边界;其中,述第一边界平行于该第一天线单元的极化方向,该第二边界垂直于该第一天线单元的极化方向,该第三边界平行于该第二天线单元的极化方向,该第四边界垂直于该第二天线单元的极化方向;该第一容性枝节靠近该第一边界,该第一感性枝节靠近该第二边界,该第二容性枝节靠近该第三边界,该第二感性枝节靠近该第四边界。

[0023] 本申请实施例中,天线单元电场辐射最强的区域靠近垂直于该天线单元的极化方

向的边界,磁场辐射最强的区域靠近平行于该天线单元的极化方向的边界。容性枝节靠近磁场辐射最强的区域以引入电耦合,感性枝节靠近电场辐射最强的区域以引入磁耦合,可以最大程度的减小对天线单元原有的磁场辐射和电场辐射的影响,从而避免影响天线原本的性能,保证天线的正常工作状态。本申请第二方面提供了一种天线阵列去耦结构,该去耦结构位于两个相邻天线单元之间,该去耦结构包括:第一电容支路、第二电容支路、第一接地支路、第二接地支路以及连接支路;该连接支路用于连接该第一电容支路、该第二电容支路、该第一接地支路和该第二接地支路,其中,该第一电容支路和该第一接地支路连接在该连接支路的第一端,该第二电容支路和该第二接地支路连接在该连接支路的第二端。

[0024] 在一种可能的实施方式中,该第一电容支路串联连接在该连接支路的该第一端,该第一接地支路并联连接在该连接支路的该第一端,该第二电容支路串联连接在该连接支路的该第二端,该第二接地支路并联连接在该连接支路的该第二端。

[0025] 在一种可能的实施方式中,该第一电容支路和该第二电容支路沿第一方向延伸,该第一接地支路和该第二接地支路沿第二方向延伸,该第一方向垂直于该第二方向。

[0026] 在一种可能的实施方式中,该第一方向与该连接支路的延伸方向平行。

[0027] 在一种可能的实施方式中,该连接支路包括:连接电感或连接电容。

[0028] 在一种可能的实施方式中,该第一接地支路和该第二接地支路包括:接地电感或接地电容。

[0029] 在一种可能的实施方式中,该连接支路为微带线连接枝节,该第一电容支路为第一微带线开路枝节,该第二电容支路为第二微带线开路枝节,该第一接地支路为第一接地枝节,该第二接地支路为第二接地枝节。

[0030] 在一种可能的实施方式中,该第一接地枝节和该第二接地枝节为接地过孔,该接地过孔为直通过孔或弯折过孔。

[0031] 本申请第三方面提供了一种天线阵列去耦结构,该去耦结构位于两个相邻天线单元之间,该去耦结构包括:第一接地电感、第二接地电感、第一接地支路、第二接地支路以及连接支路;该连接支路用于连接该第一接地电感、该第二接地电感、该第一接地支路和该第二接地支路,其中,该第一接地电感和该第一接地支路连接在该连接支路的第一端,该第二接地电感和该第二接地支路连接在该连接支路的第二端。

[0032] 在一种可能的实施方式中,该第一接地电感和该第一接地支路并联连接在该连接支路的该第一端,该第二接地电感和该第二接地支路并联连接在该连接支路的该第二端。

[0033] 在一种可能的实施方式中,该第一接地电感和该第二电感连接在该连接支路的延伸方向上,该第一接地支路和该第二接地支路垂直与该连接支路的该延伸方向。

[0034] 在一种可能的实施方式中,该连接支路包括:连接电感或连接电容。

[0035] 在一种可能的实施方式中,该第一接地支路和该第二接地支路包括:接地电感或接地电容。

[0036] 在一种可能的实施方式中,该连接支路为微带线连接枝节,该第一接地支路为第一微带线开路枝节的对地电容,该第二接地支路为第二微带线开路枝节的对地电容,该第一接地电感为第一接地过孔,该第二接地电感为第二接地过孔。

[0037] 在一种可能的实施方式中,该接地过孔为直通过孔或弯折过孔。

[0038] 本申请第四方面提供了一种天线阵列,该天线阵列包括:至少两个天线单元以及

根据第一方面至第三方面或者其任一种可能的实施方式中的去耦结构,该去耦结构位于该至少两个天线单元中的相邻两个天线单元之间。

[0039] 在一种可能的实施方式中,该天线阵列还包括:隔离墙,该隔离墙包括围绕该至少两个天线单元中的每个天线单元的多个金属接地过孔。

[0040] 本申请实施例中,隔离墙用于阻断天线单元之间存在的介质中的电磁场耦合。

[0041] 在一种可能的实施方式中,该隔离墙与该去耦结构不相连。

[0042] 在一种可能的实施方式中,对称结构的去耦结构位于该天线阵列中的对称位置,该天线阵列中的该至少两个天线单元关于该对称位置对称分布。

[0043] 在一种可能的实施方式中,非对称结构的去耦结构位于该该天线阵列的非对称位置,该天线阵列中的该至少两个天线单元关于该非对称位置非对称分布。

[0044] 根据天线阵列的电磁环境适应性选择对称的或者非对称的去耦结构,可以得到更好的去耦效果。

[0045] 在一种可能的实施方式中,该天线阵列的阵列形态包括:矩形阵列、圆形阵列或多边形阵列。

[0046] 在一种可能的实施方式中,该天线阵列中的天线单元包括单极化天线或双极化天线。

[0047] 本申请第五方面提供了一种天线阵列去耦的方法,该方法包括:基于去耦结构在第一天线单元和第二天线单元之间引入电耦合与磁耦合,该第一天线单元与该第二天线单元为该天线阵列中两个相邻天线单元,该去耦结构包括:第一容性枝节、第二容性枝节、第一感性枝节、第二感性枝节以及连接枝节;该连接枝节用于连接该第一容性枝节、该第二容性枝节、该第一感性枝节和该第二感性枝节,其中,该第一容性枝节和该第一感性枝节靠近该第一天线单元,该第二容性枝节和该第二感性枝节靠近该第二天线单元;基于该第一容性枝节与该第一天线单元形成该电耦合;基于该第一感性枝节与该第一天线单元形成该磁耦合;基于该电耦合与该磁耦合的等效耦合抵消该第一天线单元与该第二天线单元之间的空间耦合。

[0048] 在一种可能的实施方式中,该第一天线单元包括第一边界和第二边界,该第二天线单元包括第三边界和第四边界;其中,述第一边界平行于该第一天线单元的极化方向,该第二边界垂直于该第一天线单元的极化方向,该第三边界平行于该第二天线单元的极化方向,该第四边界垂直于该第二天线单元的极化方向;该第一容性枝节靠近该第一边界,该第一感性枝节靠近该第二边界,该第二容性枝节靠近该第三边界,该第二感性枝节靠近该第四边界。该基于该第一容性枝节与该第一天线单元形成该电耦合,包括:基于该第一容性枝节在该第一天线单元的该第一边界形成该电耦合;该基于该第一感性枝节与该第一天线单元形成该磁耦合,包括:基于该第一感性枝节在该第一天线单元的该第二边界形成该磁耦合。

[0049] 在一种可能的实施方式中,该方法还包括:基于隔离墙去除该第一天线单元和该第二天线单元之间的介质耦合,该隔离墙包括围绕该天线阵列中的每个天线单元的多个金属接地过孔。

[0050] 在一种可能的实施方式中,调整该第一容性枝节、该第二容性枝节、该第一感性枝节和该第二感性枝节的尺寸和位置,以使得该等效耦合与该空间耦合等幅、反相。

[0051] 在一种可能的实施方式中,该天线阵列包括:对称位置和非对称位置,该天线阵列中的天线单元关于该对称位置对称分布,该天线阵列中的天线单元关于该非对称位置非对称分布,该方法还包括:在该对称位置基于对称的去耦结构在相邻天线单元之间引入等效耦合以抵消该相邻天线单元之间的空间耦合;或者,在该非对称位置基于非对称的去耦结构在相邻天线单元之间引入等效耦合以抵消该相邻天线单元之间的空间耦合。

附图说明

[0052] 图1a为本申请实施例提供的一种示例性的去耦结构电路示意图;
[0053] 图1b为本申请实施例提供的一种示例性的去耦结构电路示意图;
[0054] 图1c为本申请实施例提供的一种示例性的去耦结构电路示意图;
[0055] 图1d为本申请实施例提供的一种示例性的去耦结构电路示意图;
[0056] 图2a为本申请实施例提供的另一种示例性的去耦结构电路示意图;
[0057] 图2b为本申请实施例提供的另一种示例性的去耦结构电路示意图;
[0058] 图2c为本申请实施例提供的另一种示例性的去耦结构电路示意图;
[0059] 图2d为本申请实施例提供的另一种示例性的去耦结构电路示意图;
[0060] 图3a为本申请实施例提供的一种示例性的去耦结构示意图;
[0061] 图3b为本申请实施例提供的一种示例性的去耦结构示意图;
[0062] 图4为本申请实施例提供的另一种示例性的去耦结构示意图;
[0063] 图5为本申请实施例提供的另一种示例性的去耦结构示意图;
[0064] 图6为本申请实施例提供的另一种示例性的去耦结构示意图;
[0065] 图7a为本申请实施例提供的一种示例性的相邻天线之间耦合原理示意图;
[0066] 图7b为本申请实施例提供的一种示例性的电场、磁场场强分布示意图;
[0067] 图8为本申请实施例提供的一种示例性的包含去耦结构的天线阵列;
[0068] 图9为本申请实施例提供的另一种示例性的包含两个去耦结构的天线阵列;
[0069] 图10a为本申请实施例提供的一种示例性的包含去耦结构的天线阵列的立体图;
[0070] 图10b为本申请实施例提供的一种示例性的包含去耦结构的天线阵列的主视图;
[0071] 图11为本申请实施例提供的一种示例性的包含去耦结构的天线阵列去耦前后隔离度仿真结果示意图;
[0072] 图12为本申请实施例提供的一种示例性的包含去耦结构的天线阵列去耦前后辐射方向对比示意图;
[0073] 图13为本申请实施例提供的另一种示例性的包含去耦结构的天线阵列;
[0074] 图14为本申请实施例提供的另一种示例性的双频、双极化天线阵列示意图;
[0075] 图15为本申请实施例提供的一种示例性的双频、双极化天线阵列去耦前后隔离度仿真结果示意图。

具体实施方式

[0076] 本申请的说明书实施例和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元。方法、系

统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0077] 应当理解,在本申请中,“至少一个(项)”是指一个或者多个,“多个”是指两个或两个以上。“和/或”,用于描述关联对象的关联关系,表示可以存在三种关系,例如,“A和/或B”可以表示:只存在A,只存在B以及同时存在A和B三种情况,其中A,B可以是单数或者复数。字符“/”一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。“以下至少一项(个)”或其类似表达,是指这些项中的任意组合,包括单项(个)或复数项(个)的任意组合。例如,a,b或c中的至少一项(个),可以表示:a,b,c,“a和b”,“a和c”,“b和c”,或“a和b和c”,其中a,b,c可以是单个,也可以是多个。

[0078] 本申请实施例提出一种天线阵列去耦的结构和方法,在不影响天线的方向图、增益等原本性能的前提下实现相邻天线单元之间的宽带去耦。并且该去耦结构简单,对加工精度要求低,适合低成本应用。

[0079] 如图1a所示,为本申请实施例提供的一种示例性的天线阵列去耦结构。该去耦结构包括第一容性枝节、第二容性枝节、第一感性枝节、第二感性枝节以及连接枝节,该连接枝节用于连接第一容性枝节、第二容性枝节、第一感性枝节和第二感性枝节。其中,第一容性枝节和第一感性枝节连接在该连接枝节的第一端,第二容性枝节和第二感性枝节连接在该连接枝节的第二端,该第一感性枝节和第二感性枝节接地。该第一容性枝节和第二容性枝节用于产生电耦合,或者,也可以将第一容性枝节和第二容性枝节称为电臂,电臂用于产生电耦合;该第一感性枝节和第二感性枝节用于产生磁耦合,或者,也可以将第一感性枝节和第二感性枝节称为磁臂,磁臂用于产生磁耦合。应当理解,当第一容性枝节和第二容性枝节与外界天线产生电耦合时,第一感性枝节和第二感性枝节对电耦合的相位进行调节;当第一感性枝节和第二感性枝节与外界天线产生磁耦合时,第一容性枝节和第二容性枝节对磁耦合的相位进行调节。本申请实施例中,第一容性枝节串联连接在该连接枝节的第一端,第一感性枝节并联连接在该连接枝节的第一端,对应的,第二容性枝节串联连接在该连接枝节的第二端,第二感性枝节并联连接在该连接枝节的第二端。应当理解,这里所说的串联和并联是相对于去耦网络中主路信号而言的,如果去耦网络中的主路信号从某一个器件的一端流入并从另一端流出,则认为该器件串联连接,如图1a所示的第一容性枝节C1和第二容性枝节C2;如果去耦网络中的主路信号只流经某个器件的一端,则认为该器件并联连接,如图1a中所示的接地的第一感性枝节和第二感性枝节。应当理解,第一容性枝节、第二容性枝节、第一感性枝节和第二感性枝节的排列形成 π 型网络,具有移相作用,以实现相邻天线间的耦合的相位进行调节。示例性的,如图1a所示,第一容性枝节和第二容性枝节沿第一方向延伸,第一感性枝节和第二感性枝节沿第二方向延伸,第一方向垂直于第二方向,可选的,第一方向与第二方向相交但并不垂直,其中,第一方向与该连接枝节的延伸方向平行。

[0080] 示例性的,该第一容性枝节和第二容性枝节可以包括:开路枝节,例如开路微带线枝节或开路金属枝节等,贴片电容或者其他常见的电容器件,交指电容或平板电容等;应当理解,这里的开路金属枝节可以为一段开路的金属导线或者一段开路的微带线。该第一感性枝节和第二感性枝节可以包括:接地过孔、接地金属枝节、变压器、螺旋电感或接地线圈等;示例性的,该接地过孔的材料可以包括:金属,例如可以是铜、铝、金或锡等。应当理解,天线阵列通常包括多层金属层,不同的金属层之间存在非金属介质层,穿透不同金属层之

间的非金属介质层,并填充金属材料以形成金属层之间的过孔。在一种可选的情况中,该非金属介质层可以是天线阵列的基层层,天线阵列的基层层也可以说是天线阵列中最底层金属层下面的一层非金属介质层,在天线阵列的基层层中打一个通孔并在该通孔中填充金属材料以形成过孔。该连接枝节可以包括:电感、电容性器件、金属连接线或微带线等。示例性的,图1a所示的去耦结构的连接枝节为电感,图1b所示的去耦结构的连接枝节为电容。应当理解,连接枝节的电容性器件可以是第一容性枝节和第二容性枝节中的任一种电容,连接枝节的电感可以是第一感性枝节和第二感性枝节中的任一种电感,且不限于此。

[0081] 应当理解,图1a和图1b所示的去耦结构,当第一容性枝节和第二容性枝节与外界天线进行电耦合时,第一容性枝节与外界天线之间的电容为C1,第二容性枝节与外界天线之间的电容为C2,第一感性枝节和第二感性枝节形成 π 型移相器,对电耦合的相位进行调整。

[0082] 在一种可选的结构中,第一容性枝节和第一感性枝节均并联在连接枝节的第一端,第二容性枝节和第二感性枝节均并联在连接枝节的第二端,此时,第一容性枝节、第二容性枝节、第一感性枝节和第二感性枝节均接地,如图1c和图1d所示。此时,第一容性枝节和第二容性枝节的延伸方向垂直于连接枝节的延伸方向,可选的,第一容性枝节和第二容性枝节的延伸方向与连接枝节的延伸方向相交但并不垂直。该去耦结构中,连接枝节可以是电感器件如图1c所示,也可以是电容器件,如图1d所示。

[0083] 应当理解,图1c和图1d所示的去耦结构,当第一感性枝节与第二感性枝节与外界的天线进行磁耦合时,第一容性枝节和第二容性枝节形成 π 型移相器,对磁耦合的相位进行调整。应当理解,当第一感性枝节与第二感性枝节与外界天线进行磁耦合时,第一容性枝节和第二容性枝节与接地平面之间分别存在等效接地电容:C3和C4。

[0084] 本申请实施例提供的去耦结构包括等效为电臂的第一容性枝节和第二容性枝节、等效为磁臂的第一感性枝节和第二感性枝节,该等效电臂用于产生电耦合,该等效磁臂用于产生磁耦合,该去耦结构可以同时支持电耦合和磁耦合,另外由于产生电耦合和磁耦合的枝节是分离的,因此该去耦结构可以根据电磁场辐射的分布情况在不同的区域分别引入电耦合与磁耦合,尽可能降低对天线原有的辐射性能。另一方面,该去耦结构本身是个移相网络,可以调整耦合的相位,因此可以使去耦结构引入的等效耦合与相邻天线间的空间耦合等幅、反相,在尽可能降低对天线原有性能的影响的前提下实现宽带耦合。调整容性枝节和感性枝节的尺寸可以调整电耦合与磁耦合的幅度,以使得去耦结构引入的电耦合和磁耦合产生的等效耦合与相邻天线单元间的空间耦合的幅度相等;进一步的,去耦结构的第一容性枝节、第二容性枝节、第一感性枝节与第二感性枝节排列形成移相网络,也即去耦结构本身是个移相网络具有移相的功能,调整去耦结构的形状和尺寸,例如调节第一容性枝节、第二容性枝节和第一感性枝节、第二感性枝节的相对位置、去耦结构与天线单元的相对位置、容性枝节的电容值与感性枝节的电感值等,可以调整电耦合与磁耦合的相位,以使得去耦结构引入的电耦合和磁耦合产生的等效耦合与相邻天线间的空间耦合的相位相反,或者说电耦合与磁耦合产生的等效耦合与相邻天线间的空间耦合的相位相差180度的奇数倍。如图2a-图 2d所示,为本申请实施例提供的另外4种示例性的去耦结构的电路示意图。如图2a 所示的去耦结构包括第一开路容性枝节C1、第二开路容性枝节C2、第一接地容性枝节C3、第二接地容性枝节C4以及一个电感连接枝节,可选的,该电感连接枝节还可以是电容连

接枝节,如图2b所示。当图2a和图2b所示的去耦结构中开路容性枝节 C1和C2与外界天线进行电耦合时,接地容性枝节C3和C4形成 π 型移相网络,对电耦合的相位进行调整。

[0085] 如图2c所示的去耦结构包括第一接地感性枝节、第二接地感性枝节、第三接地感性枝节、第四接地感性枝节以及一个电感连接枝节,其中,第一接地感性枝节和第二接地感性枝节为外侧的两个接地枝节,第三接地感性枝节和第四接地感性枝节为内侧的两个接地枝节。可选的,该电感连接枝节还可以是电容连接枝节,如图2d所示。当图2c和图2d所示的去耦结构中外侧的两个接地感性枝节与外界天线进行磁耦合时,内侧的两个接地感性枝节形成 π 型移相网络,对磁耦合的相位进行调整。

[0086] 如图3a所示,为本申请实施例提供的一种示例性的去耦结构示意图,该去耦结构的第一容性枝节和第二容性枝节为开路枝节,第一感性枝节和第二感性枝节为接地枝节,该去耦结构包括:第一开路枝节、第二开路枝节、第一接地枝节、第二接地枝节和连接枝节。示例性的,该第一开路枝节和第二开路枝节为金属开路枝节或者微带线开路枝节,该第一接地枝节和第二接地枝节为接地金属枝节或者接地过孔,可选的,接地过孔可以是直通孔或者弯折孔。如图3a所示,该连接枝节横向延伸,并用于连接第一开路枝节、第二开路枝节、第一接地枝节和第二接地枝节。该第一开路枝节和第二开路枝节可以等效为电容,当第一开路枝节和第二开路枝节靠近天线时,与天线之间产生电耦合,或者,也可以将第一开路枝节和第二开路枝节称为电臂,电臂用于与天线之间形成电耦合。第一接地枝节和第二接地枝节可以等效为电感,当第一接地枝节和第二接地枝节靠近天线时,第一接地枝节和第二接地枝节与天线形成磁耦合,或者,也可以将第一接地枝节和第二接地枝节称为磁臂,磁臂用于与天线之间形成磁耦合。在一种可选的情况中,将第一开路枝节和第二开路枝节设置在靠近天线磁场辐射最强的区域,将第一接地枝节和第二接地枝节设置在靠近天线电场辐射最强的区域,此时,开路枝节在磁场辐射最强的区域与天线产生电耦合,接地枝节在电场辐射最强的区域与天线产生磁耦合。另外,图3a中所示的该去耦结构排列成 π 型移相网络,可以调整电耦合和磁耦合的相位,以使得电耦合与磁耦合产生的等效耦合与相邻天线间的空间耦合反相,或者说电耦合与磁耦合产生的等效耦合与相邻天线间的空间耦合的相位相差180度的奇数倍。该 π 型移相网络具有四个支路,第一开路枝节、第二开路枝节、第一接地枝节和第二接地枝节分别形成该 π 型移相网络的四个支路。如图3a所示,第一开路枝节与第二开路枝节在第一平面内向连接枝节的两端延伸,该第一平面为连接枝节所在的平面,第一接地枝节和第二接地枝节在第一平面内垂直于连接枝节延伸第一长度之后改变延伸方向,在第二平面内延伸第二长度,该第二平面垂直于该第一平面。其中,第一开路枝节与第二开路枝节的长度为L1,该长度L1可以称为电臂的臂长,连接枝节的长度为L2,第一接地枝节与第二接地枝节在第一平面内延伸的第一长度为L3,在第二平面内延伸的第二长度为h,应当理解,由于第一接地枝节与第二接地枝节在第二平面内是纵向延伸的,也可以说第一接地枝节与第二接地枝节的高度为h;第一开路枝节与第二开路枝节的宽度为W1,连接枝节的宽度为W2,第一接地枝节与第二接地枝节的宽度为W3。L1、L2、L3、W1、W2、W3和h都可以根据耦合情况适应性进行调整,另外,W1、W2和W3可以相等,也可以不等。应当理解,改变开路枝节与天线间的耦合电容可以调节电耦合量,例如改变第一开路枝节和第二开路枝节的长度L1和宽度W1可以调节电耦合的耦合量的大小。改变第一接地枝节和第二接地枝节与天线间的磁通量来调节磁耦合的耦合量,例如改变第一接地枝节和第二接地枝节的L3、h以及

整个去耦结构与天线之间的距离来调节磁耦合的耦合量的大小;另外,通过 π 型移相网络调整电耦合和磁耦合的相位,例如调节 π 型移相网路的四个支路排列的位置、各支路的长度、宽度、以及 π 型移相网络与天线之间的距离,都可以调整电耦合、磁耦合的相位。应当理解,对幅度和相位的调节不是割裂的,影响耦合幅度的几个变量同样也会影响相位。

[0087] 应当理解,图3a只是对去耦结构的一种示例,而不应当认为是对去耦结构的限定。图3a所示的去耦结构的第一接地枝节和第二接地枝节在第二平面内是直通延伸的,在一种可选的情况下,第一接地枝节和第二接地枝节在第二平面内也可以是弯折延伸的,如图3b所示。图4提供了另一种示例性的去耦结构,该去耦结构第一开路枝节与第二开路枝节在第一平面内向连接枝节的两端延伸,该第一平面为连接枝节所在的平面,该第一接地枝节和第二接地枝节在第二平面内垂直于连接枝节纵向延伸,该第二平面垂直于该第一平面。该第一接地枝节和第二接地枝节直接在第二平面内垂直延伸,该第一接地枝节和第二接地枝节为直通的接地过孔。图3a、图3b、图4所示的去耦结构均是轴对称的,去耦结构还可以设计成中心对称或非对称的,如图5所示,为本申请实施例提供的另一种示例性的去耦结构。图5中的该去耦结构是非对称的,其中,第一开路枝节、第二开路枝节的长度可以不同,第一接地枝节在第一平面内延伸了一段长度之后再向第二平面延伸,第二接地枝节直接向第二平面延伸。应当理解,还可以存在其他形式的非对称的去耦结构。

[0088] 在一种可选的情况下,开路枝节和接地枝节的位置可以更换,接地枝节位于 π 型网络的两端,开路枝节位于 π 型网络的中间。如图6所示,为本申请实施例提供的一种示例性的去耦结构。第一开路枝节和第二开路枝节在第一平面内垂直于连接枝节延伸,该第一平面为连接枝节所在的平面;第一接地枝节和第二接地枝节在第一平面内向连接枝节的两端延伸第一长度之后改变延伸方向,在第二平面内延伸第二长度,该第二平面垂直于该第一平面。在实际应用时,可以根据磁场辐射和电场辐射的分布情况调整去耦结构中开路枝节和接地枝节的排列形式。

[0089] 如图7a所示,为本申请实施例提供的一种相邻天线之间耦合原理示意图。图7a 示出了一种 2×1 二元天线阵列,该天线阵列包括第一天线和第二天线,该第一天线、第二天线均设置在接地平面(Ground Plane)上。第一天线和第二天线工作时通常都会对外进行电磁辐射,且电场和磁场总是同时存在的,但是通常来说,磁场辐射和电场辐射的强度是不均匀的,因此第一天线和第二天线均存在磁场辐射最强和电场辐射最强的区域,如图7b所示,为本申请实施例提供的一种电场、磁场场强分布示意图。图中示出的箭头方向为天线的极化方向,该极化方向也可以称为是电流的流向。通常来说,电场辐射最强的区域垂直于天线的极化方向,磁场辐射最强的区域平行于天线的极化方向。图7b中示出的天线单元,包括上下左右共四个边界,上边界和下边界平行于天线的极化方向,因此靠近上边界和下边界的区域为天线磁场辐射最强的区域;左边界和右边界垂直于天线的极化方向,因此靠近左边界和右边界的区域为天线电场辐射最强的区域。在一种可选的情况下,去耦结构的容性枝节靠近天线单元的上边界或下边界所在的区域,感性枝节靠近天线单元的左边界和右边界所在的区域。可选的,如果天线单元是圆形的,圆形的天线单元包括上下左右四个切线,上下两个切线对应上边界和下边界,左右两个切线对应左边界和右边界。应当理解,靠近表示去耦结构与天线阵列的边界之间的距离小于预设阈值,该阈值可以根据实验数据获得或由本领域技术人员依照经验获得;另外,本申请实施例中提到的天线单元、天线没有区别,或者

可以说天线单元等同于天线,例如可以说一个天线阵列包括多个天线,也可以说一个天线阵列包括多个天线单元。

[0090] 如图7a所示,第一天线和第二天线左右两个侧边区域为电场辐射最强的区域,上下两个侧边区域为磁场辐射最强的区域。如果在磁场辐射最强的区域引入磁耦合,则会由于耦合的存在扰动磁场分布,进而影响天线磁场辐射并造成天线性能恶化;同理,在电场最强的区域引入电耦合会影响天线正常的电场辐射。本申请实施例根据磁场或电场辐射强弱对应引入电耦合或者磁耦合,当磁场辐射强时则引入电耦合,当电场辐射强时则引入磁耦合,尽可能小的影响天线原有的磁场辐射和电场辐射,从而避免影响天线原本的性能,保证天线的正常工作状态。在一种可选的情况中,如图7a所示,在磁场辐射最强的区域引入电耦合,在电场辐射最强的区域引入磁耦合,这种耦合方式可以最大程度的减小对天线原有性能的影响;在另一种可选的情况中,在磁场辐射强度大于预设阈值的区域引入电耦合,以及在电场辐射强度大于预设阈值的区域引入磁耦合,也可以在抵消天线间的空间耦合的同时减小对天线原有性能的影响。

[0091] 如图8所示,为本申请实施例提供的一种包含去耦结构的天线阵列800。该天线阵列800为一种 2×1 二元天线阵列,该天线阵列800包括接地平面801,第一天线802,第二天线803以及去耦结构804。该去耦结构804可以为上述图1a-图6中所示的去耦结构,但是不限于图1a-图6所示的去耦结构。该去耦结构的两个横向枝节为第一容性枝节和第二容性枝节,两个纵向枝节为第一感性枝节和第二感性枝节,其中靠近第一天线的纵向枝节为第一感性枝节,靠近第二天线的纵向枝节为第二感性枝节。在一种可选的情况中,该去耦结构的第一容性枝节靠近第一天线平行于天线极化方向的边界,也即第一容性枝节靠近第一天线磁场辐射最强的区域,该去耦结构的第一感性枝节靠近第一天线垂直于天线极化方向的边界,也即第一感性枝节靠近第一天线电场辐射最强的区域;对应的,该去耦结构的第二容性枝节靠近第二天线平行于天线极化方向的边界,也即第二容性枝节靠近第二天线磁场辐射最强的区域,该去耦结构的第二感性枝节靠近第二天线垂直于天线极化方向的边界,也即第二感性枝节靠近第二天线电场辐射最强的区域。第一天线802和第二天线803之间存在空间耦合,去耦结构804在第一天线802和第一天线803之间引入等效电磁耦合,该等效电磁耦合用于抵消第一天线802与第一天线803之间的空间耦合。下面对空间耦合和等效电磁耦合进行示例性说明:第一天线802辐射出的电磁波的一部分通过空间传递被第二天线803吸收之后在第二天线803上产生感应电流,使第一天线802和第二天线803之间形成空间耦合;同理,第二天线803辐射出的电磁波的一部分被第一天线802吸收并产生感应电流。第一天线802辐射出的电磁波部分被去耦结构804吸收之后在去耦结构804上形成感应电流,该感应电流产生向外辐射的电磁波,去耦结构804辐射的电磁波部分被第二天线803吸收之后也产生感应电流,使第一天线802与第二天线803之间形成等效电磁耦合。第一天线802通过去耦结构804在第二天线803上产生的感应电流可以抵消第一天线802在第二天线803上产生的感应电流;在一种可选的情况中,第一天线802通过去耦结构804在第二天线803上产生的感应电流与第一天线802在第二天线803上产生的感应电流等幅、反相。也可以说,该等效电磁耦合可以抵消空间耦合,在一种可选的情况中,该等效电磁耦合与空间耦合等幅、反相。

[0092] 在一种可选的情况中,相邻天线之间可以设置两个去耦结构,如图9所示,为本申请实施例提供的另一种包含两个去耦结构的天线阵列900。该天线阵列900包括接地平面

901, 第一天线902, 第二天线903、第一去耦结构904和 second 去耦结构905。第一去耦结构904和 second 去耦结构905可以为上述图1a-图6中所示的去耦结构, 但是不限于图1a-图6所示的去耦结构。第一去耦结构904与 second 去耦结构905共同引入的等效电磁耦合用于抵消第一天线902与第二天线903之间的空间耦合。第一去耦结构 904与 second 去耦结构905距离第一天线902和第二天线903的位置可以调节, 904和 905在两个相邻天线两侧可以设置成对称的, 也可以设置成非对称的。

[0093] 如图10a和10b所示, 为本申请实施例提供的另一种包含去耦结构的阵列, 其中图10a为阵列的立体图, 图10b为阵列的主视图。该阵列包含M1、M2、M3层, M1、M2、M3所处的高度不同。在该阵列中, 阵列顶层的金属层铺设在M1层上, M2层上可以设置有馈电网络, 第一天线和第二天线外侧都设置了隔离墙, 该隔离墙包括围绕天线的多个接地过孔, 示例性的, 多个接地过孔围绕在天线的四周以形成隔离墙, 隔离墙用于阻断天线之间存在的介质中的电磁场耦合。图10a和 10b中所示的接地过孔从接地平面一直连通到阵列顶层金属层M1层, 此时, 接地过孔的高度等于阵列金属层的高度, 应当理解, 该接地过孔的高度可以小于阵列金属层的高度, 示例性的, 接地过孔根据阵列工作带宽的要求可以选择性连通到M2层或M3 层。该阵列包括去耦结构, 虽然图10a和图10b中示出了两个去耦结构, 实际也可以只有一个去耦结构或者有超过两个去耦结构, 本申请实施例对去耦结构的个数不做限定。隔离墙用于阻断第一天线和第二天线间的介质耦合, 去耦结构用于进一步去除第一天线和第二天线间的空间耦合。去耦结构与隔离墙不相连, 例如, 可以在接地过孔形成的隔离墙上进行掏空处理, 从而使去耦结构穿过隔离墙。在本申请实施例提供的阵列中, 去耦结构铺设在M3层, 可以根据去耦结构引入的等效耦合的幅度和相位调整去耦结构的位置和高度, 示例性的, 该去耦结构还可以位于接地平面与阵列顶层金属层M1层中间的其他某个高度上, 例如可以铺设在M2层的高度上。

[0094] 如图11所示, 为基于本申请实施例所提供的包含去耦结构的阵列去耦前后隔离度仿真结果示意图。其中, 横坐标为工作频率, 纵坐标为隔离度S21, 应当理解, 隔离度S21的值越小, 表明天线之间的隔离度越高, 去耦效果越好。可以看出, 在 57-66GHz频段范围内(该频段为可使用的无线频谱资源), 去耦前阵列隔离度为-18dB 左右, 去耦后隔离度小于-24dB, 隔离度提升约6-15dB, 天线之间的隔离度显著提升, 并且在57-66GHz整个频段范围内隔离度都满足要求(隔离度 $<20\text{dB}$), 阵列支持的工作带宽变宽, 因此该去耦结构可以实现宽带去耦。

[0095] 如图12所示, 为基于本申请实施例所提供的包含去耦结构的阵列去耦前后辐射方向对比示意图。该图的径向坐标为方向增益, 圆周上标注的-180-180为方向角, 方向增益越大, 表示该方向上的信号越强。可以看出, 去耦前后阵列辐射方向图基本重合, 去耦前后阵列辐射方向变化不大。因此, 本申请实施例所提供的去耦结构对阵列的方向性能影响不大。

[0096] 如图13所示, 为本申请实施例提供的另一种包含去耦结构的阵列。图13所示的为一种4X4的阵列, 该阵列包括多个天线单元、隔离墙、以及多个去耦结构, 该去耦结构可以是对称结构也可以是非对称结构。在该阵列中, 靠近边缘的天线单元的电磁环境是非对称的, 而位于中间的天线单元的电磁环境是对称的, 为了更好的提升去耦效果, 需要根据去耦结构在阵列中的位置调整去耦结构的形态, 去耦结构既可以设计为

对称结构,也可以设计为非对称结构。示例性的,在天线阵列的对称位置处,去耦结构设计成对称的;在天线阵列的非对称位置处,去耦结构设计成非对称的。根据天线阵列的电磁环境适应性选择对称的或者非对称的去耦结构,可以得到更好的去耦效果。天线阵列中的多个天线单元关于该对称位置对称分布,例如图13中在轴线1上有4个对称位置,每个对称位置的两侧分别有两个天线单元,也可以说对称位置两侧的天线单元的个数是相同的;图13中标出的非对称位置,该非对称位置的左侧有3个天线单元,右侧有1个天线单元,非对称位置的两侧的天线单元的个数是不同的。

[0097] 应当理解,在本申请实施例中,天线的具体形态可以为任意形式的微带天线,例如可以是直馈、耦合馈、差分馈电等,天线阵列大小也可以支持各种阵列大小,如 2×1 , 2×2 , 4×2 或 4×4 等,天线阵列形态也可以多样,例如可以是矩形阵列、圆形阵列、多边形阵列等。另外根据天线阵列中耦合量的大小和阵列需求,可以选择性的在天线阵列任何位置进行去耦。

[0098] 本申请实施例所提供的去耦结构和去耦方法不仅可以应用于单频、单极化天线,还可以应用于双频、双极化天线。如图14所示,为本申请实施例提供的一种双频、双极化天线阵列示意图。该天线阵列为中心对称结构,对应的,去耦结构也设计为中心对称结构。由于在该天线阵列中,需要同时兼顾四个天线单元之间的互耦,且阵列中心空间有限,因此四个去耦结构分别放置在四个天线侧方,或者说,每两个相邻天线之间放置一个去耦结构。应当理解,四个去耦结构之间也存在电磁耦合。四个去耦结构之间的电磁耦合以及去耦结构与天线的耦合共同用于抵消相邻天线之间的空间耦合。

[0099] 如图15所示,为基于本申请实施例所提供的双频、双极化天线阵列去耦前后隔离度仿真结果示意图。

[0100] 本申请实施例所提供的去耦结构包括用于形成电耦合的开路枝节、用于形成磁耦合的接地枝节,可以在天线不同的位置同时引入电耦合与磁耦合;另一方面,该去耦结构本身是个移相网路,具有移相功能,因此可以使去耦结构引入的等效耦合与相邻天线间的空间耦合等幅、反相,在尽可能的降低对天线原有性能的影响的前提下抵消空间耦合。另外,由于该去耦结构支持相位移相功能,可以满足宽带天线去耦应用;该去耦结构简单,加工精度要求低,适合低成本应用。

[0101] 本申请实施例还提供一种天线阵列去耦的方法,该方法包括:

[0102] 基于去耦结构在第一天线单元和第二天线单元之间引入电耦合与磁耦合,该第一天线单元与该第二天线单元为该天线阵列中两个相邻天线单元,该去耦结构包括:第一容性枝节、第二容性枝节、第一感性枝节、第二感性枝节以及连接枝节;该连接枝节用于连接该第一容性枝节、该第二容性枝节、该第一感性枝节和该第二感性枝节,其中,该第一容性枝节和该第一感性枝节靠近该第一天线单元,该第二容性枝节和该第二感性枝节靠近该第二天线单元;

[0103] 基于该第一容性枝节与该第一天线单元形成电耦合;

[0104] 基于该第一感性枝节与该第一天线单元形成磁耦合;

[0105] 基于该电耦合与该磁耦合的等效耦合抵消该第一天线单元与该第二天线单元之间的空间耦合。

[0106] 在一种可能的实施方式中,该第一容性枝节靠近第一区域,该第一感性枝节靠近

第二区域,该第一区域平行于该第一天线单元的极化方向,该第二区域垂直于该第一天线单元的极化方向;基于该第一容性枝节在该第一天线单元的该第一区域形成该电耦合;基于该第一感性枝节在该第一天线单元的该第二区域形成该磁耦合。

[0107] 在一种可能的实施方式中,该方法还包括:基于隔离墙去除该第一天线单元和该第二天线单元之间的介质耦合,该隔离墙包括围绕该天线阵列中的每个天线单元的多个金属接地过孔。

[0108] 在一种可能的实施方式中,调整该第一容性枝节、该第二容性枝节、该第一感性枝节和该第二感性枝节的尺寸和位置,以使得该等效耦合与该空间耦合等幅、反相。

[0109] 在一种可能的实施方式中,该天线阵列包括:对称位置和非对称位置,该天线阵列中的天线单元关于该对称位置对称分布,该天线阵列中的天线单元关于该非对称位置非对称分布,该方法还包括:在该对称位置基于对称的去耦结构在相邻天线单元之间引入等效耦合以抵消该相邻天线单元之间的空间耦合;或者,在该非对称位置基于非对称的去耦结构在相邻天线单元之间引入等效耦合以抵消该相邻天线单元之间的空间耦合。

[0110] 以上所述实施例仅用以说明本申请的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的范围。例如,装置实施例中的一些具体操作可以参考之前的方法实施例。

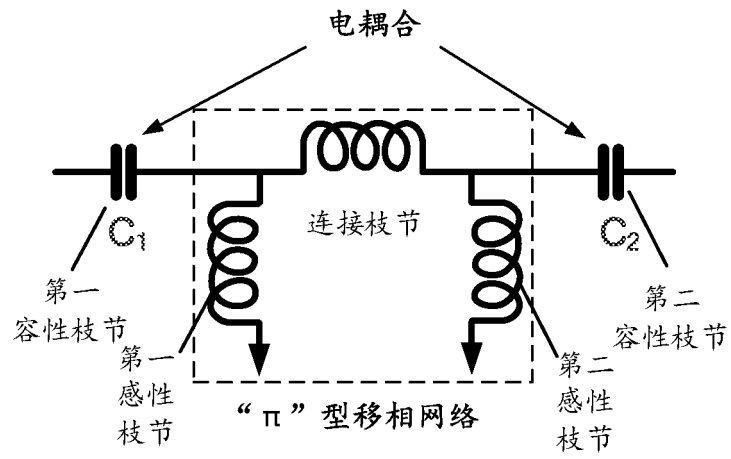


图1a

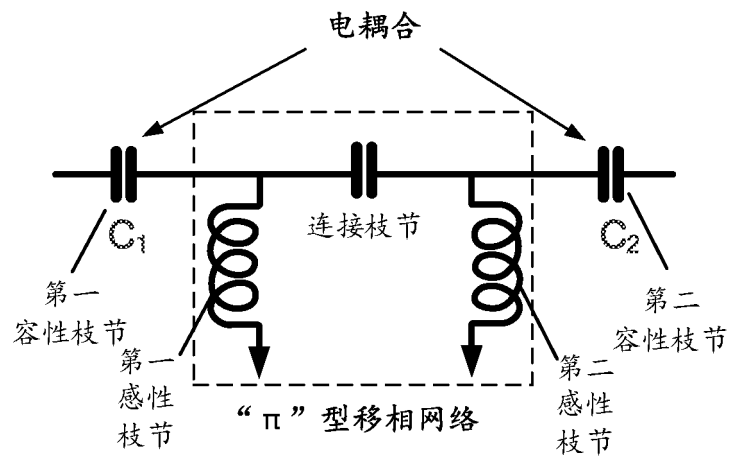


图1b

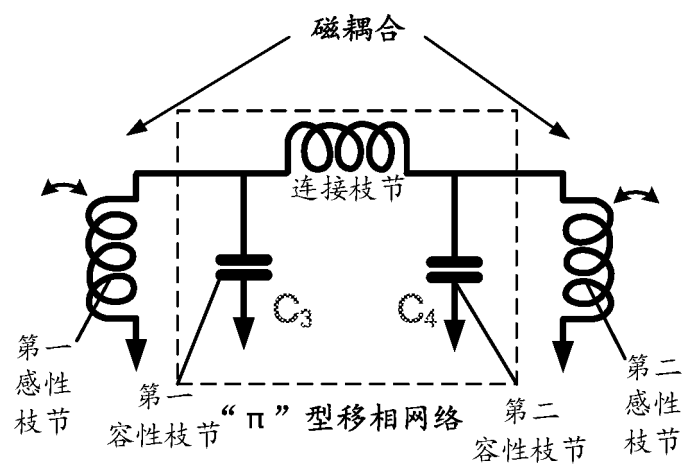


图1c

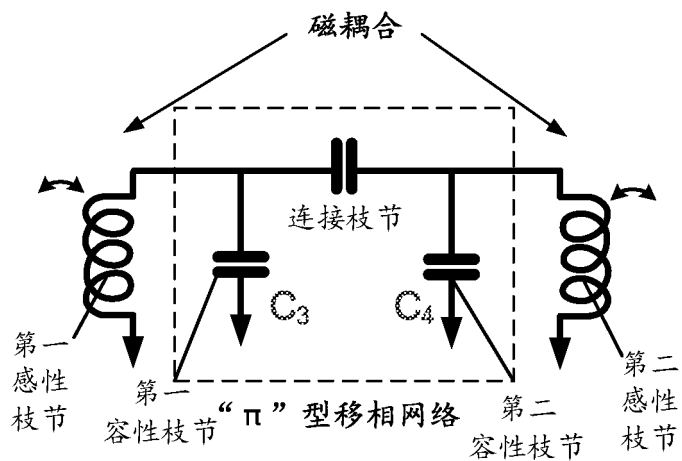


图1d

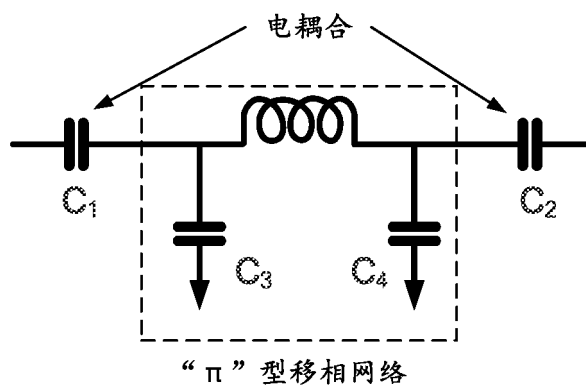


图2a

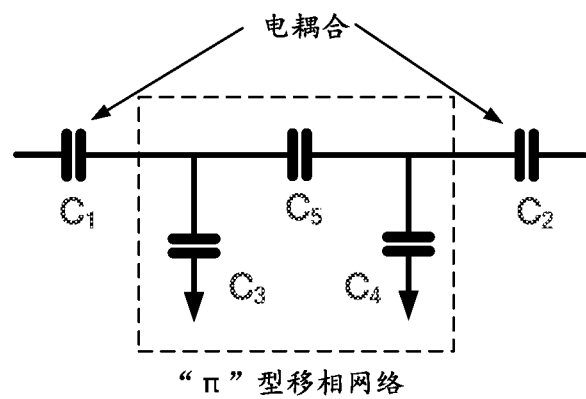


图2b

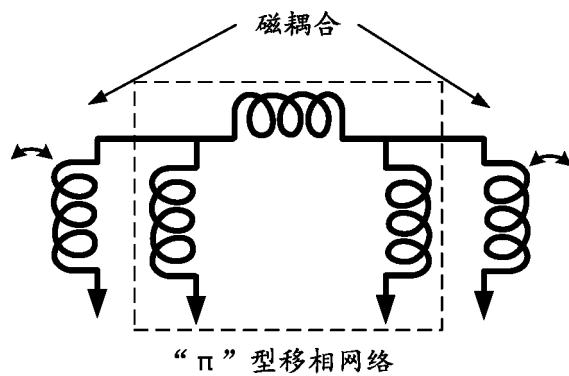


图2c

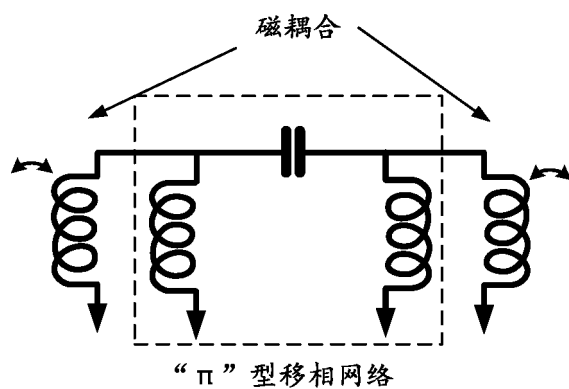


图2d

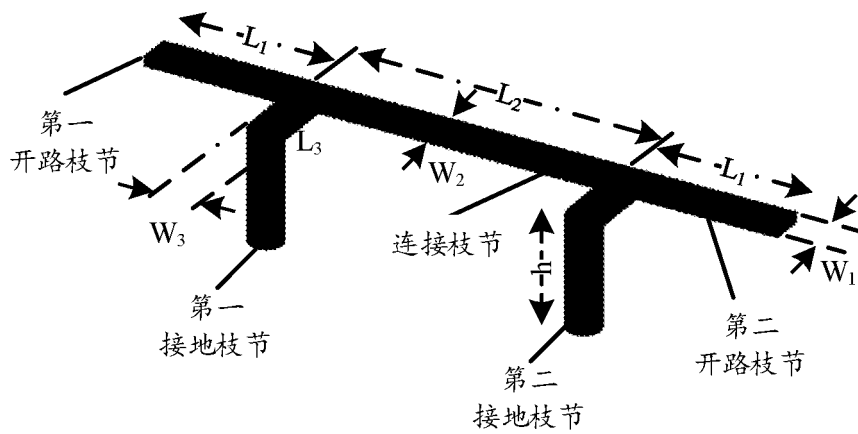


图3a

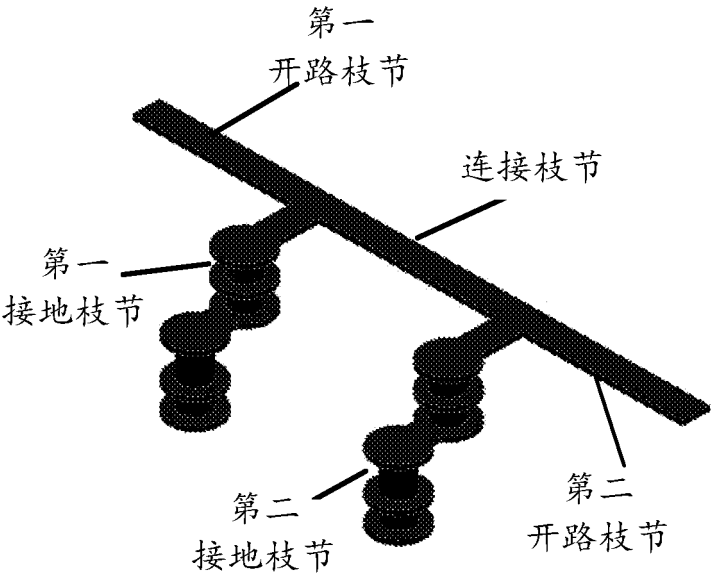


图3b

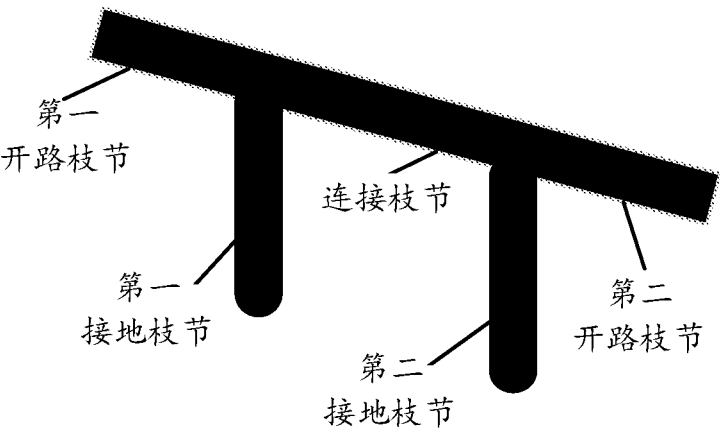


图4

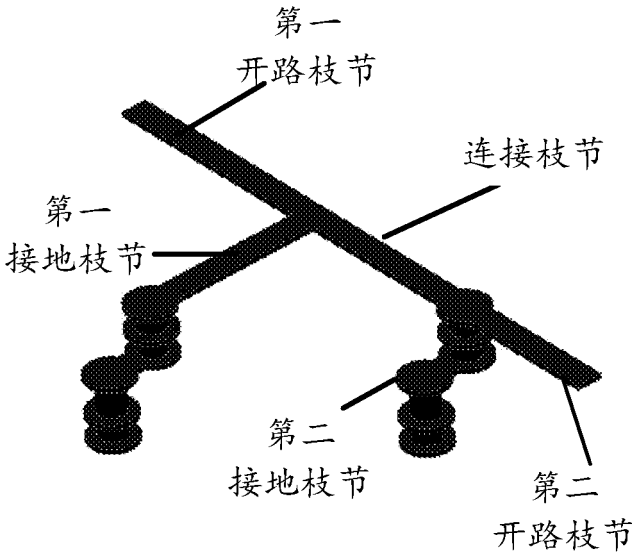


图5

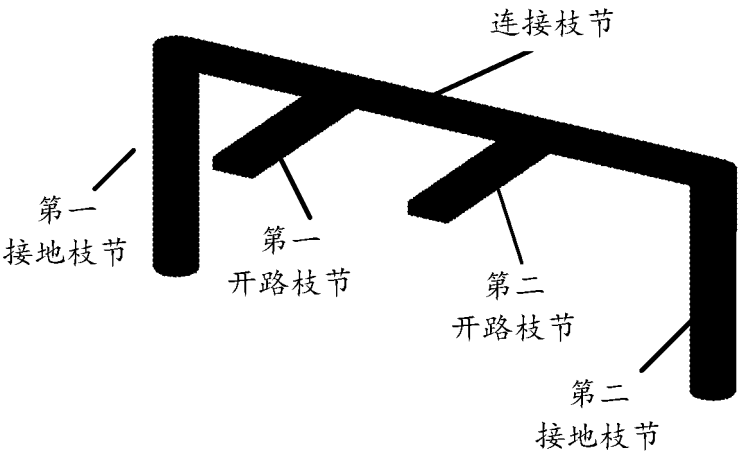


图6

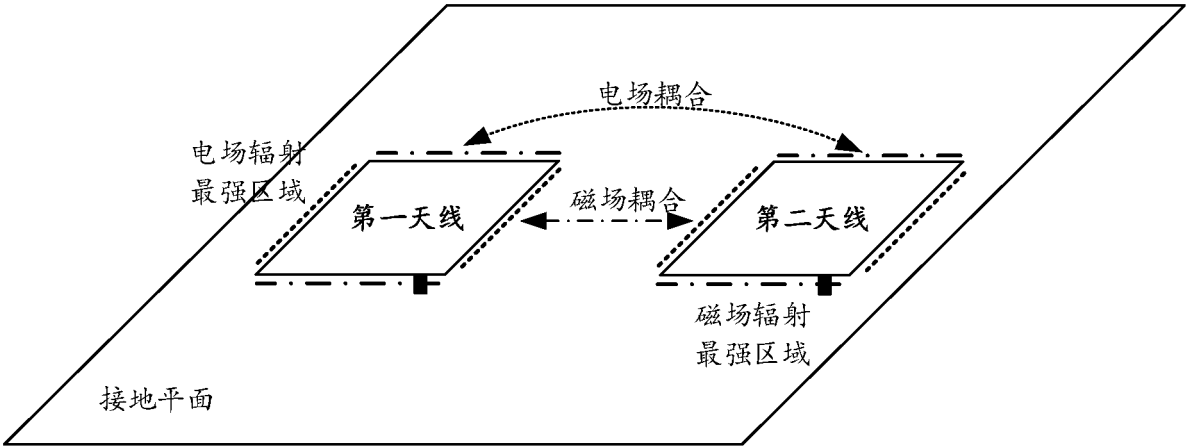


图7a

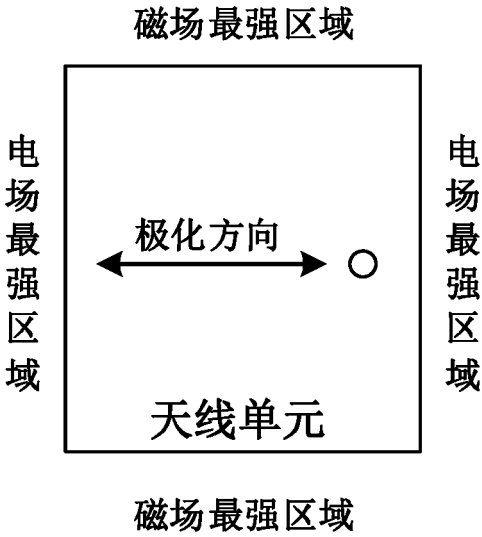


图7b

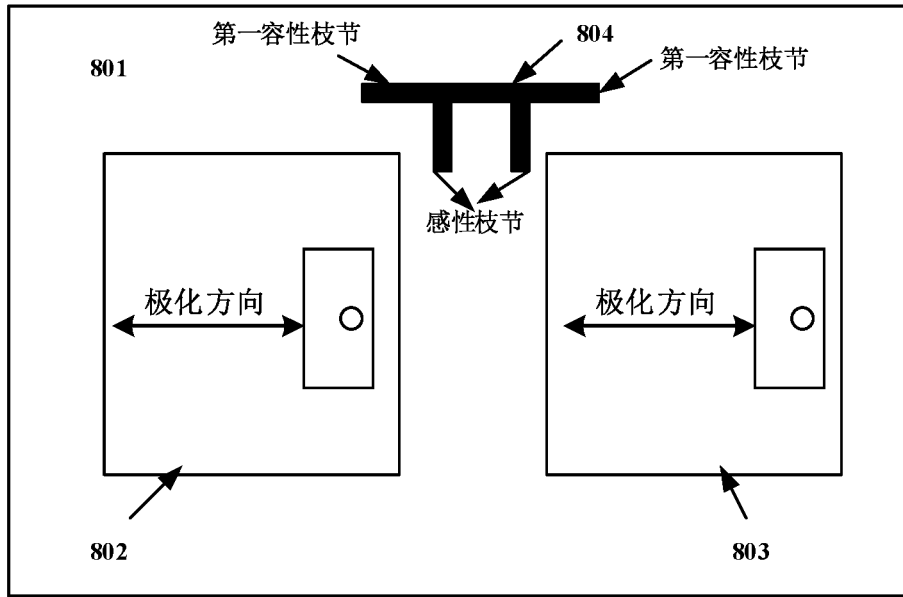
800

图8

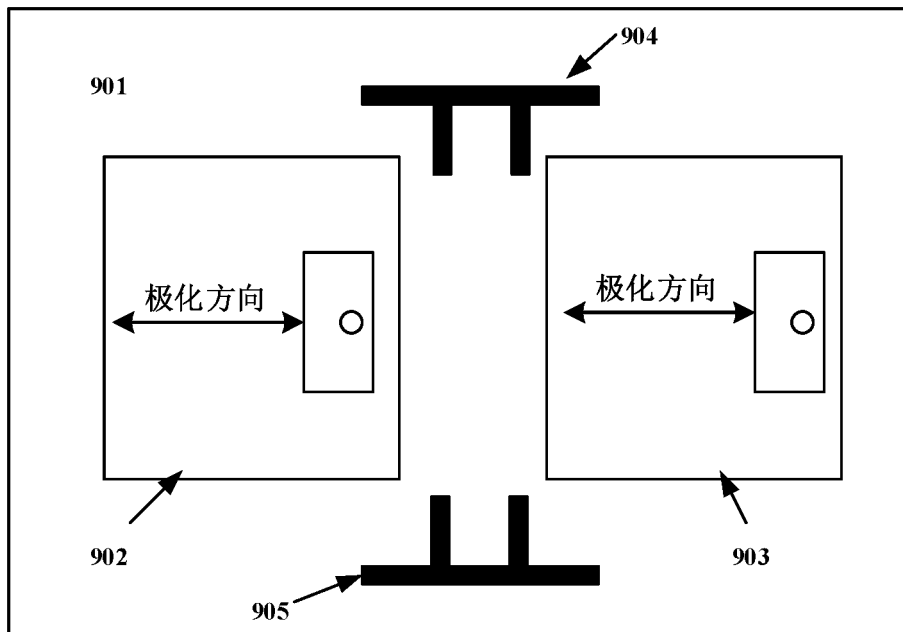
900

图9

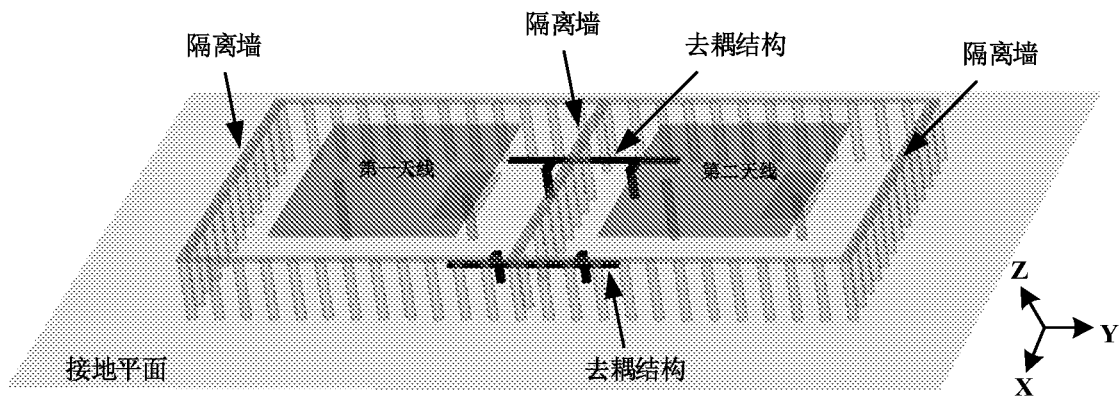


图10a

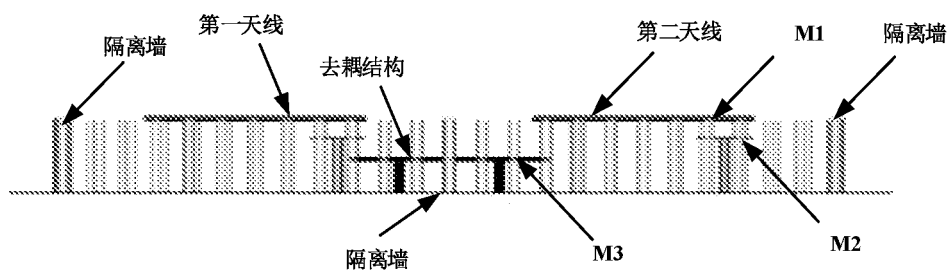


图10b

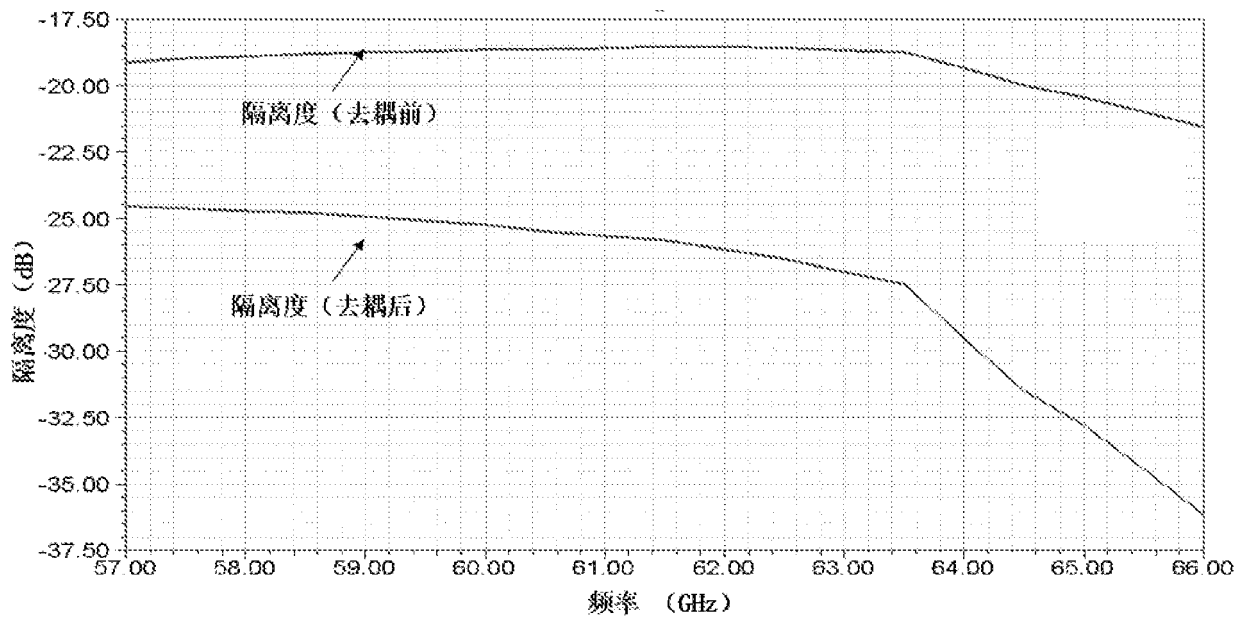


图11

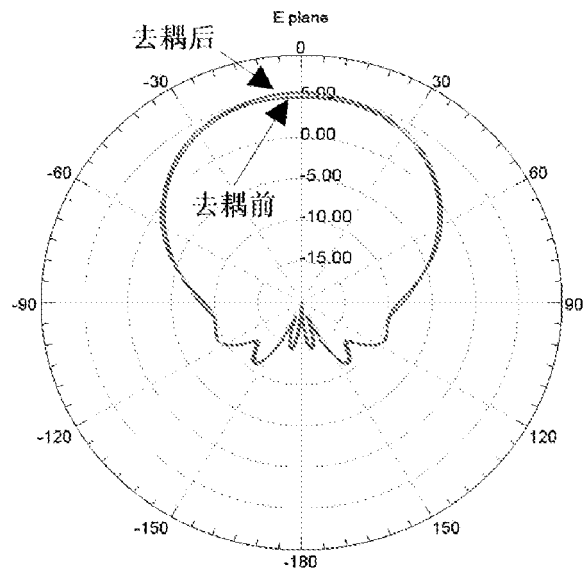


图12

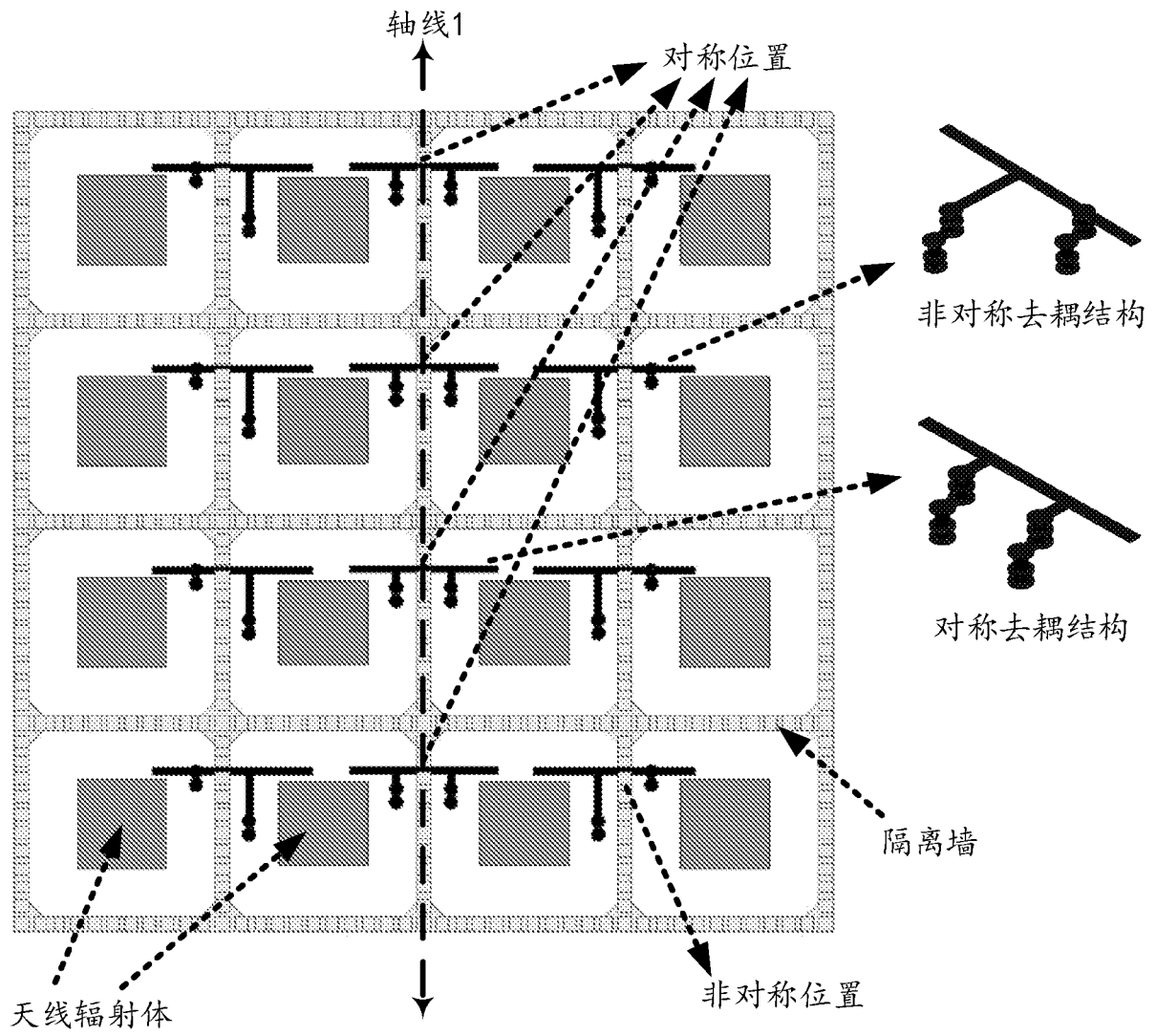


图13

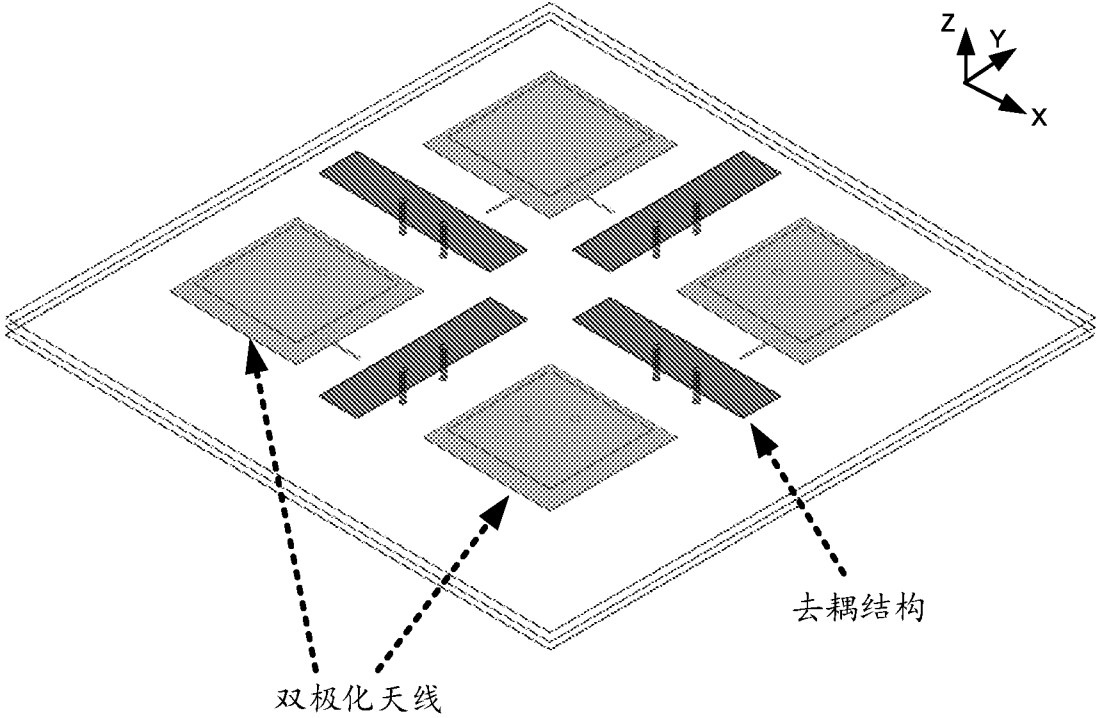


图14

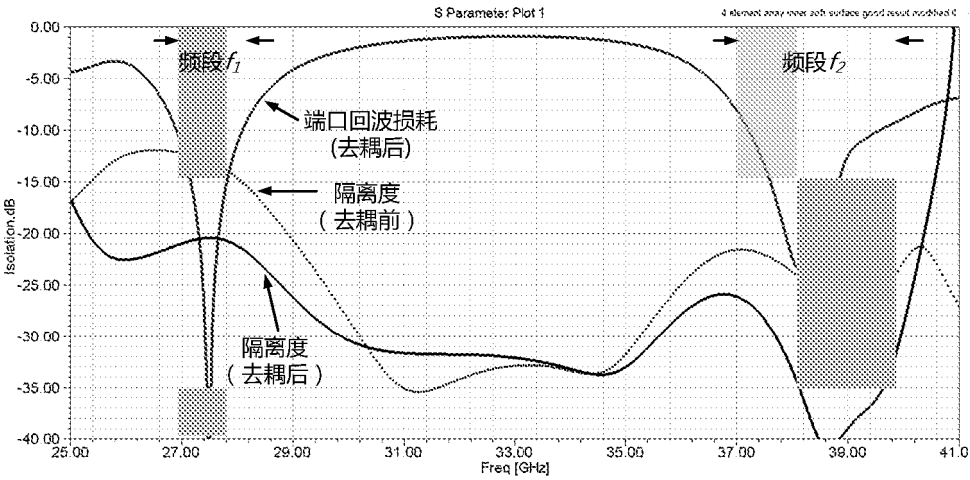


图15