



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108432049 A

(43)申请公布日 2018.08.21

(21)申请号 201680045476.4

罗德尼·格兰特·沃恩

(22)申请日 2016.06.15

(74)专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事务所(普通合伙) 11413

(30)优先权数据

代理人 谢攀 刘继富

62/180,421 2015.06.16 US

(51)Int.Cl.

H01Q 21/06(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H01Q 1/38(2006.01)

2018.02.02

H01Q 15/00(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

H01Q 1/24(2006.01)

PCT/US2016/037666 2016.06.15

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2017/044168 EN 2017.03.16

权利要求书2页 说明书8页 附图12页

(71)申请人 阿卜杜拉阿齐兹国王科技城

地址 沙特阿拉伯利雅得

申请人 尔特卡斯特集团公司

(72)发明人 彼得·艾伦·福克斯

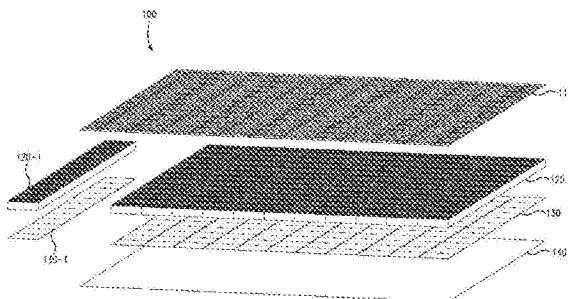
阿比吉特·巴塔查里亚 陈颖

(54)发明名称

有效平面相控阵列天线组件

(57)摘要

一种平面相控阵列天线组件包括具有用于第一频段的第一多个辐射槽和用于第二频段的第二多个辐射槽的第一面板、第二面板、第三面板以及插在第一面板和第二面板之间的结构，该结构具有处于第一频段的第三多个辐射元件和处于第二频段的第四多个辐射元件以及用于第三多个辐射元件的第一馈电网络和用于第四多个辐射元件的第二馈电网络，并且第二面板插在该结构和第三面板之间。该平面相控阵列天线组件可以形成合成孔径雷达(SAR)天线的部分。



1. 一种平面相控阵列天线组件,包括:

第一面板,所述第一面板包括用于第一频段的第一多个辐射槽和用于第二频段的第二多个辐射槽;

第二面板;

插在所述第一面板和所述第二面板之间的结构,所述结构包括处于所述第一频段的第三多个辐射元件和处于所述第二频段的第四多个辐射元件,所述结构还包括用于所述第三多个辐射元件的第一馈电网络和用于所述第四多个辐射元件的第二馈电网络;以及

第三面板,其中所述第二面板被插在所述结构和所述第三面板之间。

2. 根据权利要求1所述的平面相控阵列天线组件,其中,所述组件在结构上是自支撑的。

3. 根据权利要求2所述的平面相控阵列天线组件,其中,整个组件基本上由辐射元件和馈电网络组成。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的平面相控阵列天线组件,其中,所述第一面板、所述第二面板、所述第三面板和所述结构均包括机械加工的铝。

5. 根据权利要求1-3中任一项所述的平面相控阵列天线组件,其中,所述第三多个辐射元件中的每一个包括耦接到所述第一多个辐射槽中的至少一个的折叠腔。

6. 根据权利要求1-3中任一项所述的平面相控阵列天线组件,其中,所述第四多个辐射元件中的每一个包括耦接到所述第二多个辐射槽中的至少一个的至少一个波导,并且所述第三面板包括波导终端。

7. 根据权利要求6所述的平面相控阵列天线组件,其中,所述至少一个波导中的每一个是脊形波导。

8. 根据权利要求1-3中任一项所述的平面相控阵列天线组件,其中,所述第一频段是L波段,并且所述第二频段是X波段。

9. 根据权利要求1-3中任一项所述的平面相控阵列天线组件,其中,所述第一馈电网络包括至少一个带线以及耦接到所述第三多个辐射元件中的每一个的至少一个探针。

10. 根据权利要求1-3中任一项所述的平面相控阵列天线组件,其中,所述第二馈电网络包括耦接到所述第四多个辐射元件中的每一个的至少一个同轴电缆。

11. 根据权利要求1-3中任一项所述的平面相控阵列天线组件,其中,所述第一多个辐射槽包括多个交叉槽,所述交叉槽可操作来辐射水平极化的微波和垂直极化的微波。

12. 根据权利要求11所述的平面相控阵列天线组件,其中,所述多个交叉槽在平面内和穿过平面取向中的至少一个上展开。

13. 根据权利要求5所述的平面相控阵列天线组件,其中,所述折叠腔至少部分地以电介质材料填充。

14. 根据权利要求1-3中任一项所述的平面相控阵列天线组件,其中,所述第一面板、所述第二面板和所述第三面板以及插在所述第一面板与所述第二面板之间的所述结构构成所述平面相控阵列天线组件的唯一支撑结构,在没有任何附加结构的情况下,所述唯一支撑结构自身支撑所述平面相控阵列天线组件。

15. 一种包括平面相控阵列天线组件的合成孔径雷达(SAR)天线,所述平面相控阵列天线组件包括:

第一面板，所述第一面板包括用于第一频段的第一多个辐射槽和用于第二频段的第二多个辐射槽；

第二面板；

插在所述第一面板和所述第二面板之间的结构，所述结构包括处于所述第一频段的第三多个辐射元件和处于所述第二频段的第四多个辐射元件，所述结构还包括用于所述第三多个辐射元件的第一馈电网络和用于所述第四多个辐射元件的第二馈电网络；以及

第三面板，其中，所述第二面板被插在所述结构和所述第三面板之间。

16. 根据权利要求1所述的合成孔径雷达(SAR)天线，其中，所述平面相控阵列天线组件在结构上是自支撑的。

17. 根据权利要求2所述的合成孔径雷达(SAR)天线，其中，所述整个平面相控阵列天线组件基本上由辐射元件和馈电网络组成。

18. 根据权利要求15-17中任一项所述的合成孔径雷达(SAR)天线，其中，所述第一面板、所述第二面板、所述第三面板和所述结构均包括机械加工的铝。

19. 根据权利要求15-17中任一项所述的合成孔径雷达(SAR)天线，其中，所述第三多个辐射元件中的每一个包括耦接到所述第一多个辐射槽中的至少一个的折叠腔。

20. 根据权利要求15-17中任一项所述的合成孔径雷达(SAR)天线，其中，所述第四多个辐射元件中的每一个包括耦接到所述第二多个辐射槽中的至少一个的至少一个波导，并且所述第三面板包括波导终端。

21. 根据权利要求20所述的合成孔径雷达(SAR)天线，其中，所述至少一个波导中的每一个是脊形波导。

22. 根据权利要求15-17中任一项所述的合成孔径雷达(SAR)天线，其中，所述第一频段是L波段，并且所述第二频段是X波段。

23. 根据权利要求15-17中任一项所述的合成孔径雷达(SAR)天线，其中，所述第一馈电网络包括至少一个带线以及耦接到所述第三多个辐射元件中的每一个的至少一个探针。

24. 根据权利要求15-17中任一项所述的合成孔径雷达(SAR)天线，其中，所述第二馈电网络包括耦接到所述第四多个辐射元件中的每一个的至少一个同轴电缆。

25. 根据权利要求15-17中任一项所述的合成孔径雷达(SAR)天线，其中，所述第一多个辐射槽包括多个交叉槽，所述交叉槽可操作来辐射水平极化的微波和垂直极化的微波。

26. 根据权利要求25所述的合成孔径雷达(SAR)天线，其中，所述多个交叉槽在平面内和穿过平面取向中的至少一个上展开。

27. 根据权利要求19所述的合成孔径雷达(SAR)天线，其中，所述折叠腔至少部分地以电介质材料填充。

28. 根据权利要求15-17中任一项所述的合成孔径雷达(SAR)天线，其中，所述第一面板、所述第二面板和所述第三面板以及插在所述第一面板与所述第二面板之间的所述结构构成所述平面相控阵列天线组件的唯一支撑结构，在没有任何附加结构的情况下，所述唯一支撑结构自身支撑所述平面相控阵列天线组件。

## 有效平面相控阵列天线组件

### 背景技术

#### 技术领域

[0001] 本申请一般涉及相控阵列天线，并且更具体地涉及适用于双波段合成孔径雷达的有效相控阵列天线。

[0002] 介绍

[0003] 多频率多极化合成孔径雷达(SAR)是理想的，但是有效载荷、数据速率、预算、空间分辨率、覆盖面积等的局限性对于实现(尤其是在星载平台上的)多频率全极化SAR提出了重大的技术挑战。

[0004] 航天飞机成像雷达SIR-C是运行在多于一个频带的SAR的示例。然而，这两个天线没有共同的孔，而且质量太大，无法在国际空间站(ISS)或小型卫星(SmallSAT)平台上部署。

[0005] 天线构造，尤其是在星载平台上的天线构造，由于在面积和厚度上的各种原因而受到限制。例如，运载火箭的物理限制能够对天线的尺寸施加约束。对天线的面积的约束反过来能够对方向性施加约束。由于这个原因，效率能够成为天线设计的主要推动力，寻找减少天线损耗的方法可能变得重要。

[0006] 现有的设计多频相控阵列天线的方法能够包括使用微带阵列。这些可能与高损耗相关联，从而导致效率低下。

[0007] 本申请中所描述的技术涉及设计和构建适于ISS和SmallSAT部署的成本有效、高效率、结构合理的SAR天线，该SAR天线在至少一个频带上受到厚度以及双频操作和全极化的约束。

[0008] 除需要小型、高效率的雷达天线之外，对商用微波和毫米波天线有类似的需求，诸如在无线电点对点和点对多点链路应用中。通常，这些应用使用反射器天线。但是，反射器和馈电喇叭在一起呈现相当大的厚度。

[0009] 一种较小型的替代方案是微带平面阵列。通常需要几个层，并且有时需要特殊的布置来防止平行板模式在不同层之间传播。这些特征连同低损耗材料和支撑结构的成本一起使得该方法的吸引力降低。减少微带阵列的损耗也是困难的，尤其是在高频处。所以，虽然使用微带阵列能够减小天线的厚度，但天线是有损的，并且天线的面积需要大于反射器天线以获得相同的增益。

### 发明内容

[0010] 平面相控阵列天线组件可以被概述为包括第一面板，第一面板包括用于第一频段的第一多个辐射槽和用于第二频段的第二多个辐射槽；第二面板；插在第一面板和第二面板之间的结构，所述结构包括处于第一频段的第三多个辐射元件和处于第二频段的第四多个辐射元件，所述结构还包括用于第三多个辐射元件的第一馈电网络和用于第四多个辐射元件的第二馈电网络；以及第三面板，其中，第二面板插在所述结构和第三面板之间。

[0011] 该组件可以是在结构上自支撑的。整个组件基本上可以由辐射元件和馈电网络组成。第一面板、第二面板、第三面板和所述结构均可以包括机器加工的铝。第三多个辐射元件中的每一个可以包括耦接到第一多个辐射槽中的至少一个的折叠腔。第四多个辐射元件中的每一个可以包括耦接到第二多个辐射槽中的至少一个的至少一个波导，并且第三面板可以包括波导终端。至少一个波导中的每一个可以是脊形波导。第一频段可以是L波段，并且第二频段可以是X波段。第一馈电网络可以包括至少一个带线以及耦接到第三多个辐射元件中的每一个的至少一个探针。第二馈电网络可以包括耦接到第四多个辐射元件中的每一个的至少一个同轴电缆。第一多个辐射槽可以包括多个交叉槽，所述交叉槽可操作来辐射水平极化的微波和垂直极化的微波。多个交叉槽可以在平面内和穿过平面取向中的至少一个上展开。折叠腔可以至少部分地以电介质材料填充。第一面板、第二面板和第三面板以及插在第一面板与第二面板之间的结构可以构成平面相控阵列天线组件的唯一支撑结构，在没有任何附加结构的情况下，该唯一支撑结构自身支撑所述平面相控阵列天线组件。

[0012] 合成孔径雷达(SAR)天线可以包括平面相控阵列天线组件。

## 附图说明

[0013] 在附图中，相同的附图标记标识相似的元件或动作。附图中的元件的大小和相对位置不一定按比例绘制。例如，各种元件和角度的形状不一定是按比例绘制，并且这些元件中的一些可以被随意地放大和放置以改善绘图可识别性。此外，所画出的元件的特定形状不一定意在传达关于特定元件的实际形状的任何信息，并且可能已经被唯一选择以便于在附图中识别。

[0014] 图1是根据至少第一示出的实施例的有效平面相控阵列天线组件的分解等距视图。

[0015] 图2是图1的有效平面相控阵列天线组件的第一面板的部分的前视平面图。

[0016] 图3是图1的有效平面相控阵列天线组件的微波子阵列的等距视图。

[0017] 图4是图3的微波子阵列的分解等距视图。

[0018] 图5是移除了顶部面板的图3的微波子阵列的前视平面图的特写。

[0019] 图6是移除了侧面以显示L波段腔的图3的微波子阵列的特写的等距局部视图。

[0020] 图7是示出L波段馈电网络的L波段辐射元件的横截面视图。

[0021] 图8是示出X波段馈电网络的X波段辐射元件的横截面视图。

[0022] 图9是根据至少第二示出的实施例的有效平面相控阵列天线组件的微波子阵列的等距视图。

[0023] 图10是图9的微波子阵列的分解等距视图。

[0024] 图11是移除侧面以显示L波段腔的图9的微波子阵列的特写的等距局部视图。

[0025] 图12是示出图9的有效平面相控阵列天线组件的L波段辐射元件的增益的极坐标图。

[0026] 图13是示出图9的有效平面相控阵列天线组件的X波段辐射元件的增益的极坐标图。

[0027] 图14是示出图9的有效平面相控阵列天线组件的L波段辐射元件的阻抗史密斯圆图。

## 具体实施方式

[0028] 除上下文另有要求之外,在说明书和权利要求书中,采用的词语“包括”及其变型应被解释为开放的包括的意义,即“包括但不限于”。

[0029] 在该说明书中引用的“一个实施例”或“实施例”意味着结合实施例描述的特定特性、结构或特征被包括在至少一个实施例中。因此,在该说明书中的各处出现的短语“在一个实施例中”或“在实施例中”不一定都指的是相同的实施例。此外,特定特性、结构或特征可以以任何合适的方式在一个或更多个实施例组合。

[0030] 如在该说明书和所附权利要求中所使用的,除内容明确指定之外,单数形式“一个”和“该/所述”包括复数指示物。还应该注意,除内容明确指定之外,术语“或”通常以其最广泛的意义使用,即意味着“和/或”。

[0031] 这里提供的公开的摘要仅仅是为了方便,并不解释实施例的范围或含义。

[0032] 在传统的天线组件中,辐射元件通常安装在结构子组件(诸如铝蜂窝板)上。该结构组件在不增强电磁性能的情况下,有助于天线组件的整体质量和体积。

[0033] 辐射元件通常不是自支撑的并且被安装到结构子组件。辐射元件通常包括电介质材料,其与用于将辐射元件附接到结构子组件的电介质材料结合能够导致重大的天线损失。

[0034] 使用传统技术,能够使用贴片元件来实现多频天线。这样的贴片元件有时被分层或堆叠,并且被穿孔以允许较小的辐射元件辐射通过较大的辐射元件,例如X波段辐射元件辐射通过L波段辐射元件。

[0035] 在本方法中,微波结构包括一个或更多个子阵列中的辐射元件,并且不要求单独的结构子组件。微波子阵列能够是自支撑的并且被配置为使得微波子阵列的辐射元件也用作结构元件。

[0036] 此外,能够布置多频天线组件来将两个波段(诸如X波段和L波段)的辐射元件集成到共同的孔中。例如,能够在L波段槽之间的空间中放置X波段槽或贴片辐射元件。

[0037] 图1示出了根据至少第一示出的实施例的有效平面相控阵列天线组件100。天线组件100的大小能够被定制以满足特定应用的增益和带宽要求。一个示例应用是双波段双极化SAR天线。在双波段双极化SAR天线的示例实施方式中,组件100大约2.15m宽、1.55m长和50mm深,并且重约30kg。

[0038] 天线组件100是双波段(X波段和L波段)、双极化(在L波段的H和V极化)SAR天线组件的示例。虽然本文中描述的实施例涉及双X波段和L波段SAR天线,并且由于本文中其他地方描述的理由,该技术特别适用于基于空间的SAR天线,但是针对包括但不限于不同频率的单波段和多波段SAR天线以及微波和毫米波通信天线的其他频率、极化、配置和应用,也能够采用类似的方法。

[0039] 天线组件100包括在天线组件100的顶部表面上的第一面板110,其包含用于L波段和X波段辐射元件(在随后的图中详细示出)的槽。

[0040] 天线组件100包括在第一面板110之下的微波结构120。微波结构120包括一个或更多个子阵列,诸如子阵列120-1,每个子阵列包括L波段和X波段辐射元件。以下更详细地描述辐射元件。

[0041] 微波结构120是金属结构,其是自支撑的并且不要求单独结构的子组件。微波结构120能够由一个或更多个金属块(诸如铝块或另一种合适的导电材料的块)加工或制造。针对微波结构120的材料的选择,至少部分地确定了天线的损耗并且因此确定了天线的效率。

[0042] 天线组件110包括在微波结构120之下的第二面板130,第二面板130在后面封闭一个或更多个L波段腔。以下参照图11更详细地描述L波段腔。

[0043] 天线组件110包括在第二面板130之下的第三面板140,第三面板140包括波导终端。第三面板140还为天线组件110提供至少部分的结构支撑。

[0044] 在一些实施中,天线组件110包括在第三面板140之下的多层印刷电路板(printed circuit board,PCB)(图1中未示出),PCB容纳用于X波段辐射元件和L波段辐射元件的全体馈电网络。

[0045] 图2是图1的有效平面相控阵列天线组件100的第一面板110的部分的平面视图1。第一面板110包括多个L波段辐射元件,诸如L波段辐射元件210。L波段辐射元件210包括L波段H极化槽212和L波段V极化槽214。

[0046] 第一面板110还包括多个X波段辐射元件,诸如X波段辐射元件220。X波段辐射元件220包括一个或更多个X波段波导。在图2所示的示例中,X波段元件包括四个X波段波导,诸如X波段波导220-1。X波段波导220-1包括多个X波段槽。在所示的示例中,X波段波导220-1包括六个槽,例如X波段槽220-1a和220-1b。X波段波导220-1还包括X波段馈电器225。

[0047] X波段槽(诸如X波段槽220-1a和220-1b)的长度至少部分地确定了天线组件100的谐振频率。每个X波段槽(诸如X波段槽220-1a和220-1b)距X波段波导(诸如X波段波导220-1)的中心线的偏移至少部分地限定了辐射效率。

[0048] 由于属于相邻X波段波导的X波段槽沿与相应波导的中心线的相反方向偏移,所以馈电器被配置为彼此异相180°,使得从相邻波导发射的辐射是同相的。

[0049] 能够选择每个X波段元件之间以及每个L波段元件之间的间隔,以消除或者至少减少光栅瓣和扫描盲点(在一个或更多个扫描角度上的增益的损失)的影响。

[0050] 图3是图1的有效平面相控阵列天线组件的微波子阵列300的等距视图。微波子阵列300包括分别用于L波段和X波段的辐射元件310和320。微波子阵列300还包括L波段和X波段馈电器和馈电外壳(图3中未示出)。

[0051] L波段辐射元件具有用于水平极化和垂直极化的交叉槽以及背腔。如图6所示,在孔之后使用谐振腔,减小了开槽天线所需的深度。如下所述,交叉的L波段槽周围的体积能够用于X波段辐射元件。

[0052] L波段辐射元件310包括L波段H极化槽312和L波段V极化槽314。X波段辐射元件320包括四个波导,每个波导包括多个槽,诸如320-1a和320-1b。

[0053] 在示例实施中,第一面板和腔之间的空间约为15mm厚。这足够厚以适应X波段波导从其宽尺寸辐射。X波段元件的波导实施是有吸引力的选择,因为它是低损耗的并且增加了天线的效率。

[0054] L波段槽之间的空间能够容纳多于一个的X波段波导辐射器。一个实施方式以更高的衰减和更低的功率处理能力为代价,使用脊形波导来增加带宽。脊形波导能够在中心被馈电。X波段辐射器能够通过探针激励或通过波导的环路耦合激励来馈电。

[0055] 如图3所示,L波段交叉槽形成围绕X波段辐射单元的边界。在一个实施例中,两组

四个X波段脊形波导能够安装在每对L波段交叉槽之间。在另一个实施例中,针对不同的增益要求,在每对L波段交叉槽之间放置单组四个X波段脊形波导。

[0056] 微波子阵列300还包括顶部面板330、侧板340、端板345和底部面板350。底部面板350是用于L波段辐射元件的接地平面和反射器。微波子阵列300的厚度d与频率有关。厚度d对应于L波段腔的深度(图6中示出),并且对于开槽天线而言,通常是 $\lambda/4$ ,其中, $\lambda$ 是L波段波长。如下更详细描述的,通过使用折叠的L波段腔,微波子阵列300的厚度d能够小于 $\lambda/4$ 。

[0057] 理想的开槽天线是 $\lambda/4$ 深,并且包括槽,该槽不是具有通向关联的腔的开口的槽。在L波段波长处,槽的深度(其决定了天线组件的厚度)大约会为6cm。希望减小天线组件的厚度、为馈电器和电子器件留出空间以及满足对天线尺寸(诸如运载火箭尺寸所应用的天线尺寸)的要求。

[0058] 简单地减小L波段槽的深度会导致难以匹配的天线。由于馈电器附近和辐射槽附近的导电壁的存在,天线具有低阻抗。

[0059] 在本申请中描述的技术包括孔后面的谐振腔。从概念上讲,每个L波段槽首先被分叉,然后每个分叉逐渐转向侧边,以使得形成“T”。“T”的交叉件位于由L波段辐射元件占据的天线子组件顶部面板的区域之下。在实施中,每个L波段槽通向L波段腔(如图6所示)。

[0060] 为了使槽有效地辐射,需要周围的导电表面来支撑电流。许多X波段辐射元件能够放置在L波段槽周围的微波子阵列的区域中。

[0061] 在一个实施例中,L波段馈电器能够实施在放置在微波子阵列侧面的低损耗衬底材料中,其中探针穿过L波段槽。因为在这个实施例中,L波段馈电外壳沿着微波子阵列300的侧面,所以它们能够充当用于微波子阵列的加强件。

[0062] 在另一个实施例中,L波段馈电器能够使用槽和腔之间的带线来实现。这在下面更详细地描述。

[0063] 微波子阵列的数量,针对其预期目的,被选择为实现所期望的增益、覆盖范围以及目标分辨率。

[0064] 图4是图3的微波子阵列300的分解视图。微波子阵列300包括顶部面板330、侧板340、端板345和底部面板350。底部面板350覆盖L波段腔的底部并且包括用于X波段馈电器的槽355。

[0065] 微波子阵列300分别包括L波段H极化槽312和L波段V极化槽314。微波子阵列包括X波段波导,诸如波导320-1。在一些实施例中(诸如图4所示的实施例),波导320-1是脊形波导。

[0066] 图5是去除顶部面板330的图3的微波子阵列300的平面视图的特写。微波子阵列300分别包括L波段H极化槽312和L波段V极化槽314。微波子阵列包括X波段波导,诸如脊形波导320-1。微波子阵列300还包括多个X波段馈电器,诸如X波段馈电器325。参照图8更详细地描述X波段馈电器325。

[0067] 图6是去除侧板340以示出L波段腔的图3的微波子阵列300的特写的等距局部视图。

[0068] L波段腔610的尺寸与频率有关。L波段腔610的深度被选择为提供高的辐射效率,同时保持紧凑的尺寸。类似地,X波段波导(诸如X波段波导320-1)的尺寸至少部分地确定了谐振频率和带宽。X波段波导320-1包括脊620。

[0069] 图7是示出了L波段馈电网络710的L波段辐射元件700的横截面图。L波段辐射元件700包括L波段槽720、腔730和反射器740。L波段馈电网络710包括带线712、探针714和接地平面716。

[0070] L波段馈电网络710包括嵌入在带线712中的匹配网络(图7中未示出),以促进跨带宽的阻抗的匹配。

[0071] L波段槽720包括彼此异相180°的两个探针。槽720中两个探针的位置被选择为实现所期望的辐射效率。H极化L波段槽和V极化L波段槽能够被独立馈电。能够同时传输H极化脉冲和V极化脉冲。

[0072] 带线712以穿过槽720的探针714结束,可操作该探针以激励槽720中的场。

[0073] L波段馈电网络710能够包括屏蔽(图7中未示出)以抑制交叉极化。在示例性实施方式中,L波段馈电网络被配置为抑制交叉极化60dB。

[0074] 图8是示出X波段馈电网络820的X波段辐射元件800的横截面图。X波段辐射元件800包括四个波导810a、810b、810c和810d。波导810a、810b、810c和810d是脊形波导并且在波导内具有脊。脊的尺寸至少部分地确定了功率输送、匹配和带宽。波导中脊的益处是对于等效辐射效率具有更高的增益。包括脊的波导能够小于没有脊的等效波导,并且能够将更多的脊波导封装到等效体积中。

[0075] X波段馈电网络820包括四个同轴电缆820a、820b、820c和820d,波导810a、810b、810c和810d中的每个波导针对四个同轴电缆820a、820b、820c和820d中的一个。每个波导由其相应的同轴电缆馈电,电缆的内部导体(图8中未示出)穿过脊中的孔以与波导的顶壁接触。

[0076] 馈电同轴电缆被通信地耦接以向辐射槽馈送产生定向光束所需的振幅和相位信号,并执行光束扫描。在图8中所示的示例中,两根相邻的同轴电缆异相180°。

[0077] 图9是有效平面相控阵列天线组件的第二实施例的微波子阵列900的等距视图。微波子阵列900包括分别用于H极化和V极化的交叉的L波段槽对,诸如槽910和915。在平面视图中,在图2至图7中,L波段槽(诸如槽310和315)具有矩形形状。在图9中所示的实施例中,槽910和915分别具有圆形端部910a和910b以及915a和915b。

[0078] 尽管图9示出了圆形的端部,但其他合适的形状能够用于槽端部。此外,每个槽的部分或全部长度能够被成形或逐渐变小,例如通过从中间朝向每个端部提供每个槽的线性或指数的逐渐变小。成形的槽的益处是改善了谐振频率的调谐和增加了带宽。

[0079] 通过展开L波段槽的垂直壁能够获得类似的好处。L波段槽的横截面轮廓能够被成形为实现所期望的谐振频率和带宽。在一种实施方式中,L波段槽的侧面是垂直的。在另一种实施方式中,L波段槽的侧面以线性方式从槽的顶部到槽的底部逐渐变小。在又一种实施方式中,L波段槽的侧面根据指数曲线的一部分从槽的顶部到槽的底部逐渐变小。在其他实施方式中,能够使用其他合适的逐渐变小方式。

[0080] 在一些实施方式中,槽和其横截面轮廓的成形被组合以实现所期望的频率和带宽。

[0081] 能够用材料(例如低损耗电介质)部分地或完全地填充L波段槽,以调节槽的电长度,从而在不改变槽的物理长度的情况下,实现所期望的谐振频率。

[0082] 图10是图9的微波子阵列的分解视图。

[0083] 图11是去除侧面以显示L波段腔的图9的微波子阵列的特写的等距局部视图。

[0084] 图12是示出图9的有效平面相控阵列天线组件的L波段辐射元件的增益的极坐标图。在所示的示例中,在整个仰角范围内,实现了至少60dB的共极化到交叉极化隔离率。圆1210指示针对三个频率的共极化增益图。圆1220指示针对相同的三个频率的交叉极化增益图。

[0085] 图13是示出图9的有效平面相控阵列天线组件的X波段辐射元件的增益的极坐标图。在所示的示例中,实现至少18dB的峰值增益。

[0086] 图14是针对图9的有效平面相控阵列天线组件的L波段辐射元件的阻抗史密斯圆图。

[0087] 以上描述的天线技术的益处包括更大的质量效率和更大的辐射效率。仿真已经表明,X波段辐射单元和L波段辐射单元在频段内的辐射效率能够达到80%以上,包括所有的损耗。

[0088] 具有自支撑的天线的辐射元件使设计质量有效。不需要额外的结构质量。天线中的所有金属对天线执行两个功能—第一为辐射元件提供槽和腔,第二提供结构完整性。由于天线能够完全由金属构成,因此不存在有助于天线中损耗的电介质材料,并且天线的辐射效率高。唯一的损耗是表面金属损耗。

[0089] 所示实施例的以上描述(包括在摘要中描述的内容)不旨在是穷举或将各种实施例限制为所公开的精确形式。如本领域技术人员将认识到的,为了阐明目的,尽管在本文中描述了具体实施例和示例,但是在不脱离本公开的精神和范围的情况下,能够进行各种等同修改。本文提供的各种实施例的教导能够应用于其他成像系统,不一定是上面通常描述的示例性卫星成像系统。

[0090] 虽然以上描述大部分涉及用于SAR和光学传感器的卫星平台,但是能够使用包括但不限于飞机和无人机的机载传感器来获取遥感图像。本公开中描述的技术能够用于从星载和机载平台上的传感器获取的图像。

[0091] 以上描述的各种实施例能够被组合以提供其他实施例。2015年3月25日提交的美国临时专利申请62/137,934(代理案号920140.404P1);2015年6月16日提交的名称为“有效平面相控阵列天线组件”(代理案号920140.405P1)的美国临时专利申请62/180,421;2015年6月16日提交的名称为“用于增强合成孔径雷达成像的系统和方法”的美国临时专利申请62/180,449(代理案号920140.407P1);以及2015年6月16日提交的名称为“用于从空间远程感测地球的系统和方法”(代理案卷号920140.406P1)的美国临时专利申请62/180,440,各自通过引用全部并入本文。如有必要,能够修改实施例的方面以采用各种专利、应用和出版物的系统、电路和概念来提供其他实施例。

[0092] 例如,前面的详细描述已经通过使用框图、示意图和示例阐述了装置和/或过程的各种实施例。在这种框图、示意图和示例包含一个或更多个功能和/或操作的范围内,本领域技术人员应该理解,通过各种不同的硬件、软件、固件或者几乎它们的任何组合,能够单独地和/或共同地实现这种框图、流程图或示例中的每个功能和/或操作。在一个实施例中,本主题可以通过专用集成电路(ASIC)来实现。然而,本领域技术人员将认识到,本文所公开的实施例能够全部或部分地在标准集成电路中等效地实现为在一个或更多个计算机上运行的一个或更多个计算机程序(例如,实现为在一个或更多个计算机系统上运行的一个或

更多个程序)、实现为在一个或更多个控制器(例如微控制器)上运行的一个或更多个程序、实现为在一个或更多个处理器(例如微处理器)上运行的一个或更多个程序、实现为固件或者实现为几乎它们的任何组合,并且根据本公开内容,为软件和/或固件设计电路和/或编写代码,完全在本领域普通技术人员的技能内。

[0093] 另外,本领域的技术人员将认识到,本文教导的机构能够以各种形式作为程序产品来发布,并且不管用于实际执行分布的信号承载介质的特定类型如何,说明性实施例同样适用。信号承载介质的示例包括但不限于以下:可记录类介质,诸如软盘、硬盘驱动器,CD ROM、数字磁带和计算机存储器;以及诸如使用基于TDM或IP的通信链路(例如数据包链路)的数字和模拟通信链路的传输类介质。

[0094] 根据以上详细描述能够做出这些和其他变型。通常,在所述权利要求中,所使用的术语不应该被解释为将本发明限制在说明书和权利要求书中公开的特定实施例,而应该被解释为包括所有可能的实施例以及权利要求的等同物的全部范围。因此,本发明不受本公开的限制。

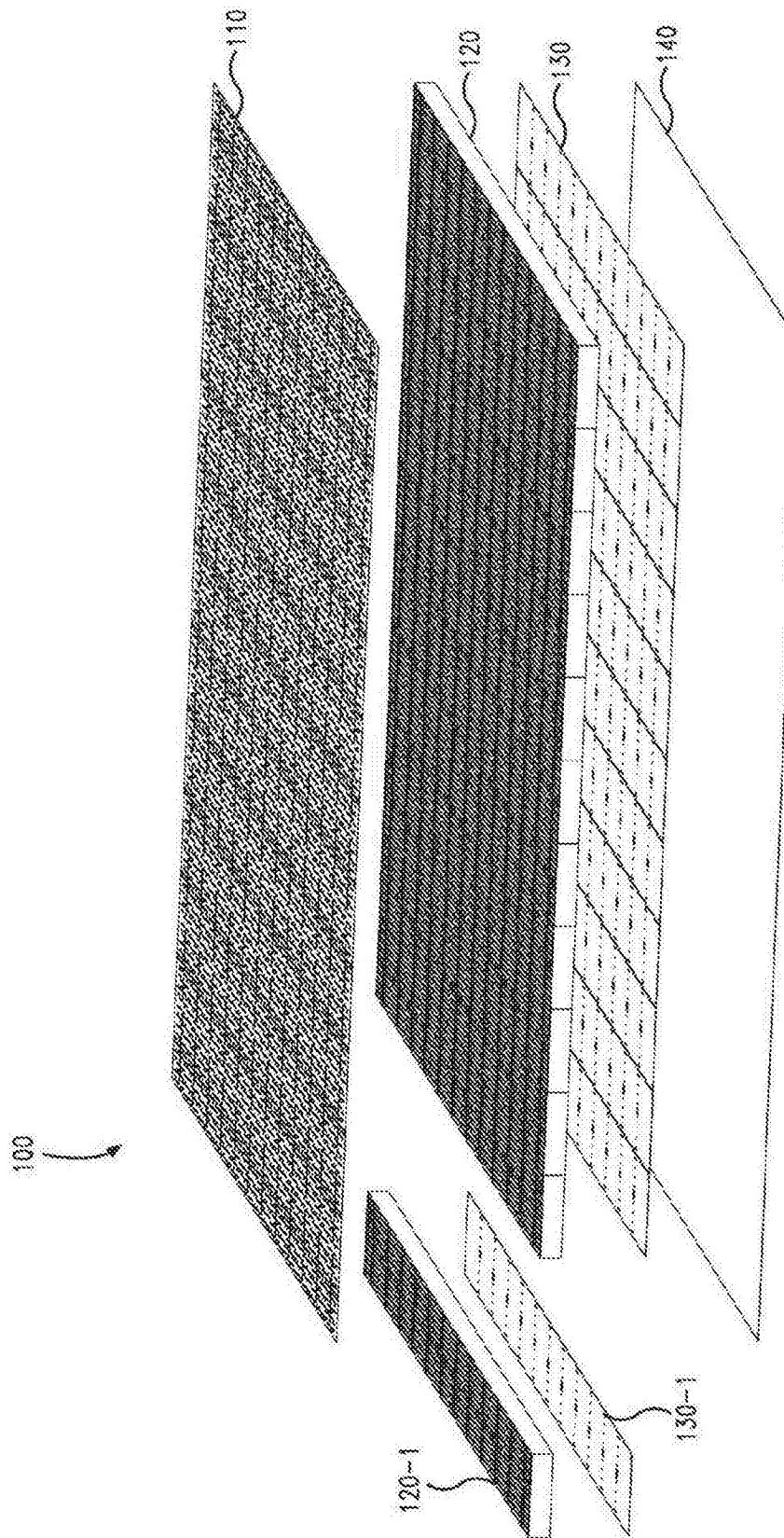


图1

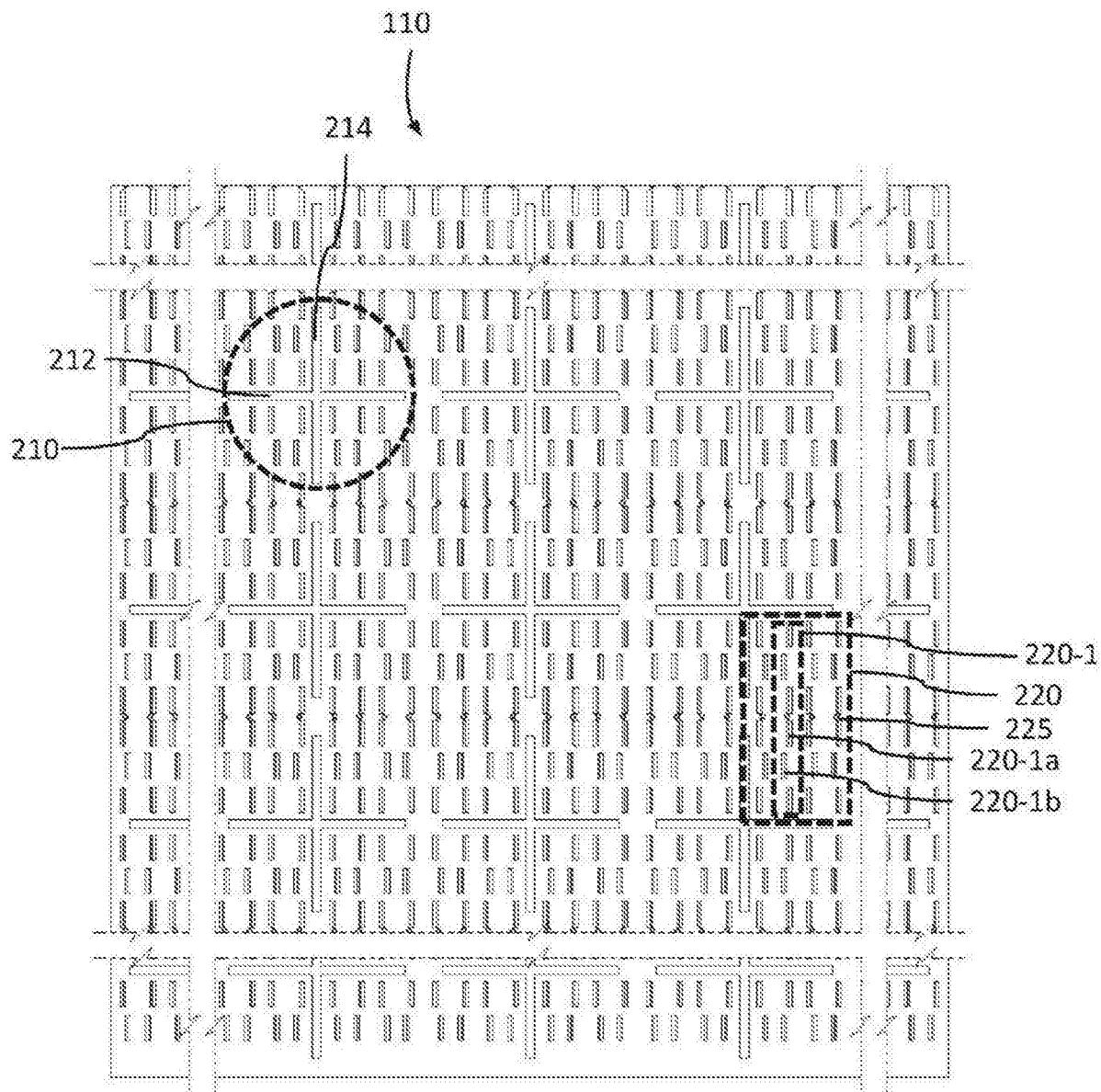


图2

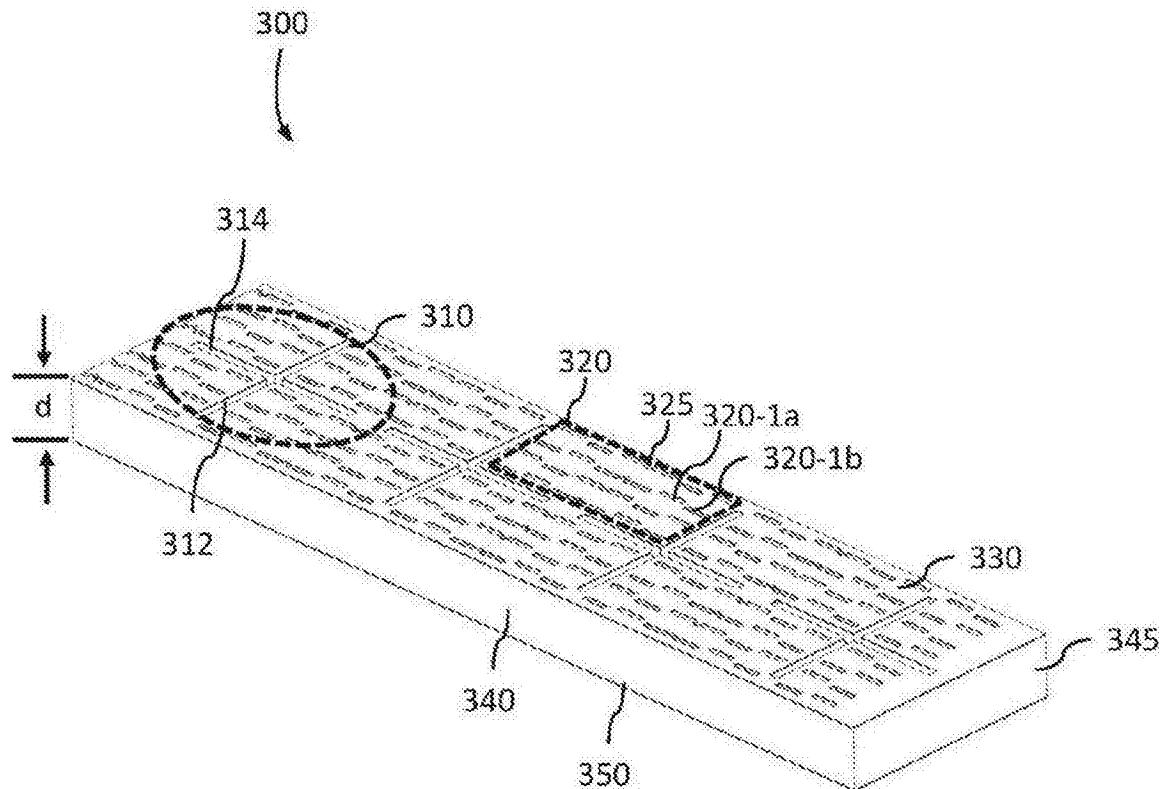


图3

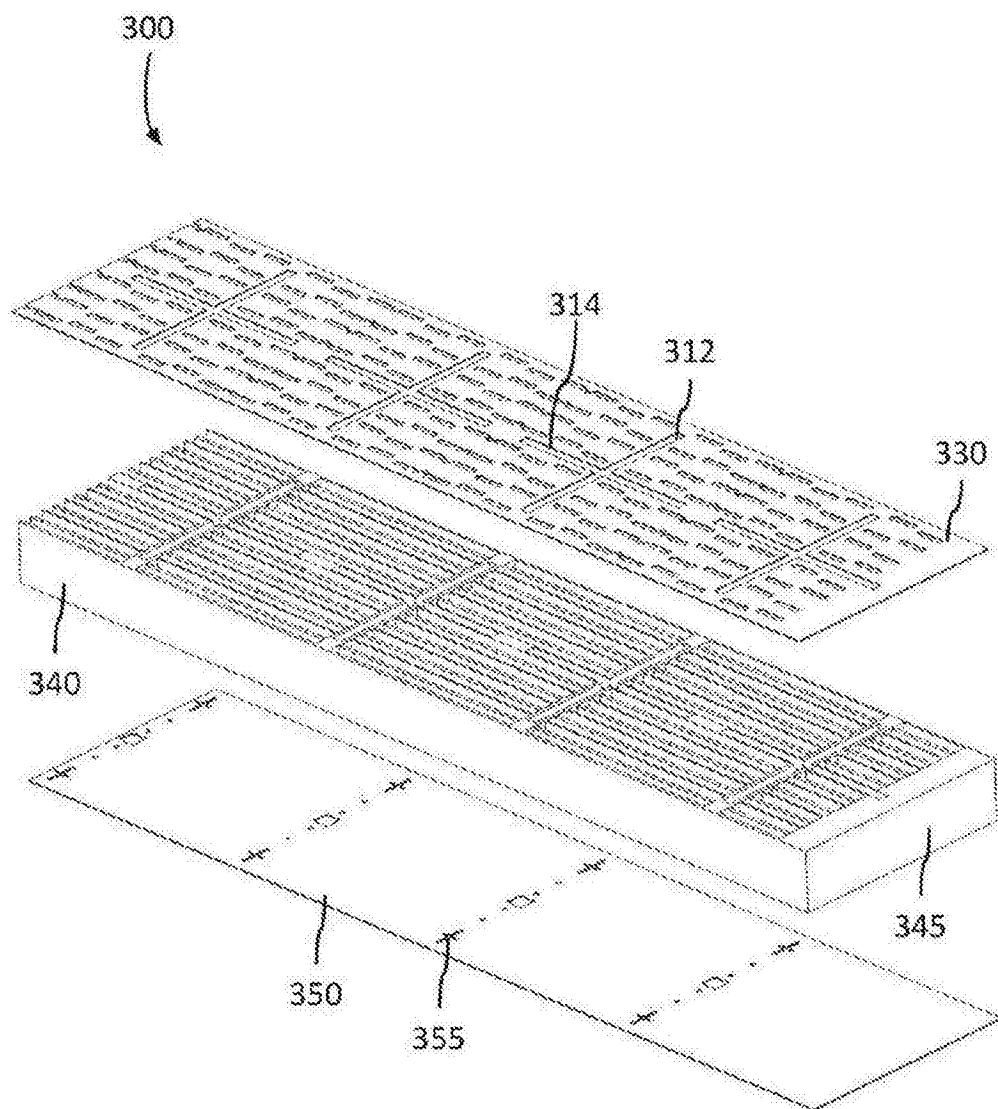


图4

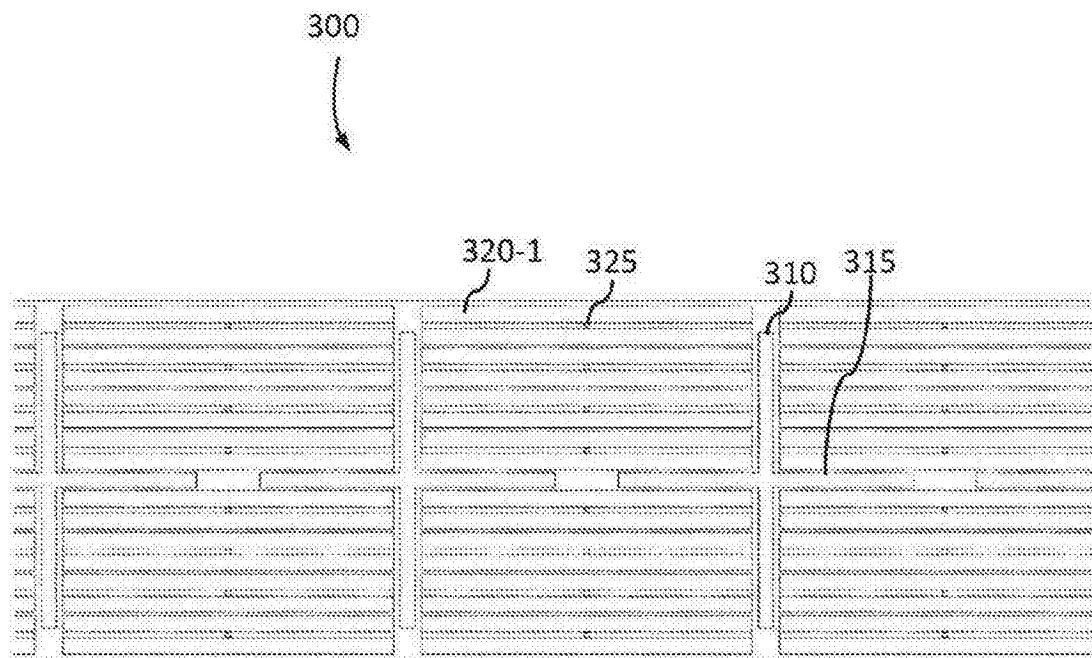


图5

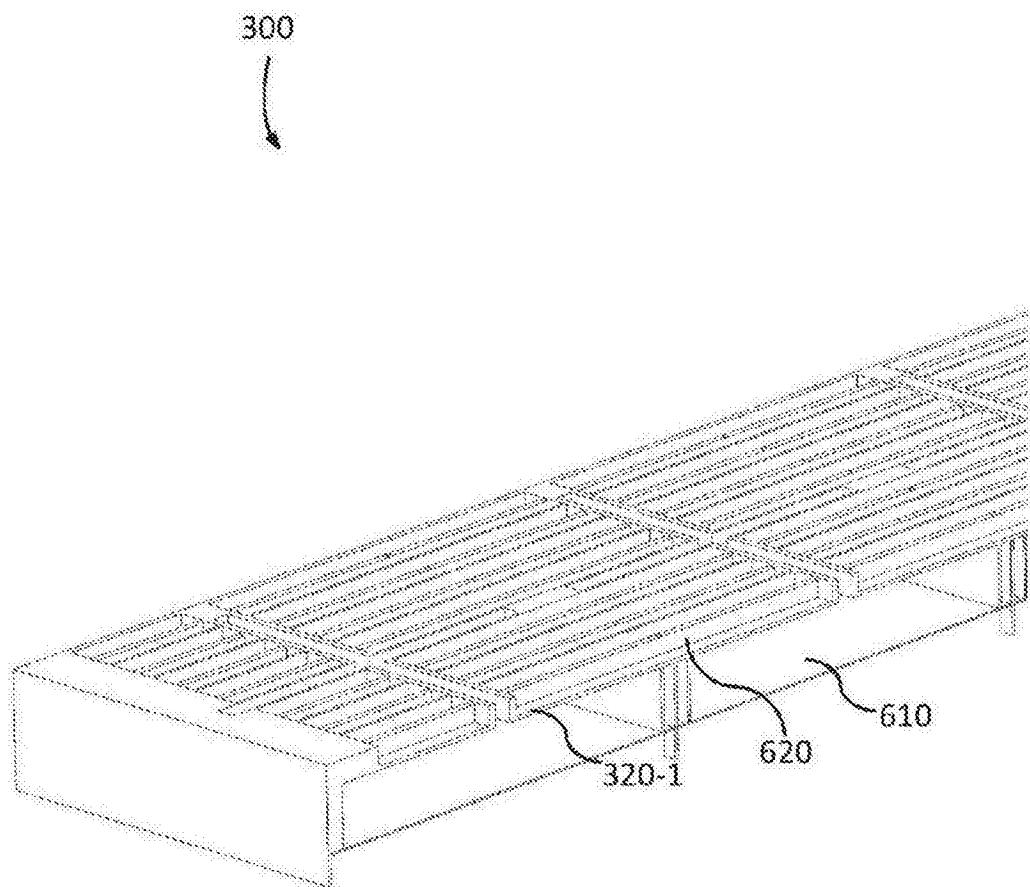


图6

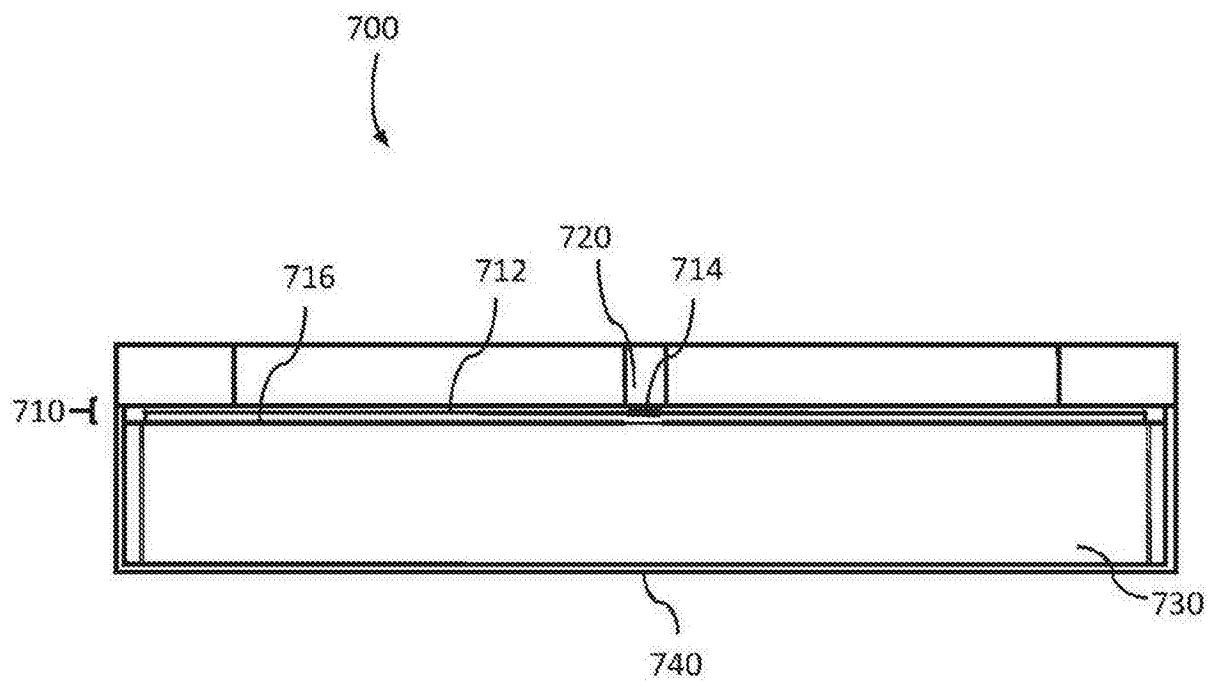


图7

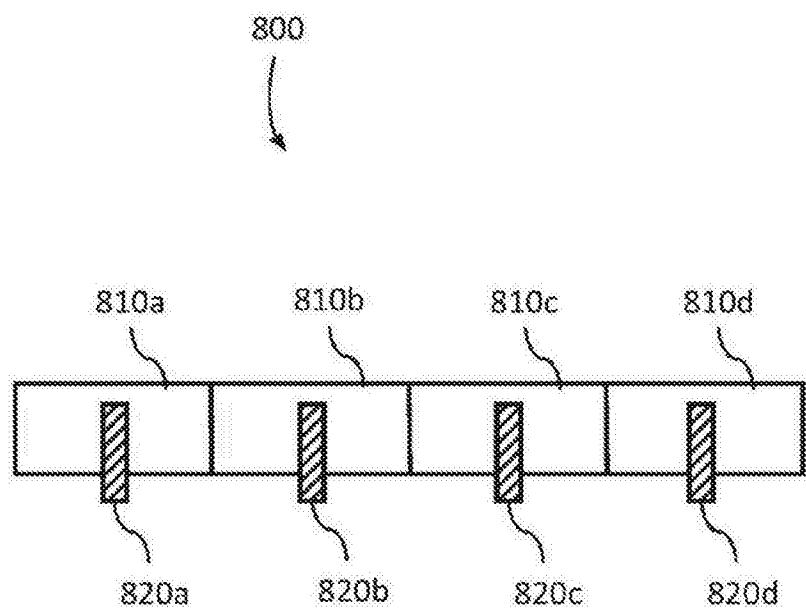


图8

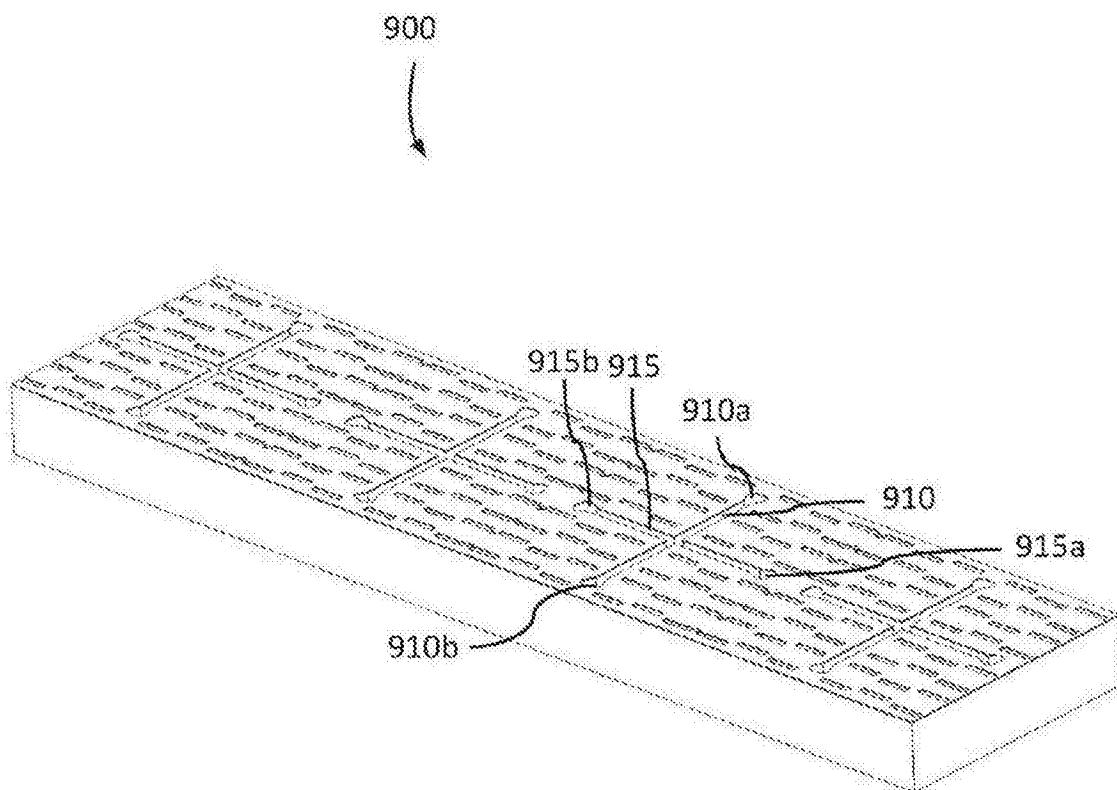


图9

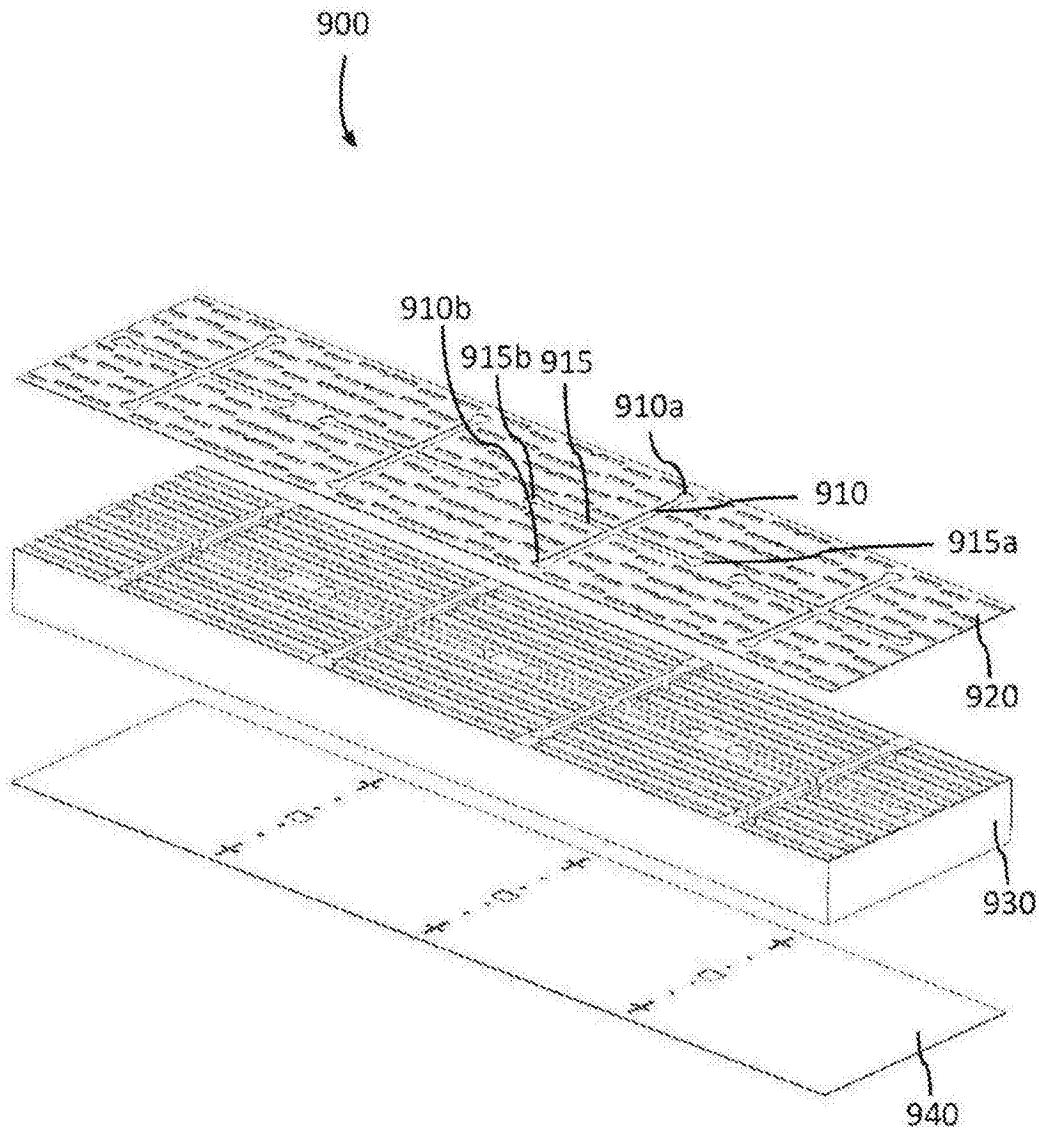


图10

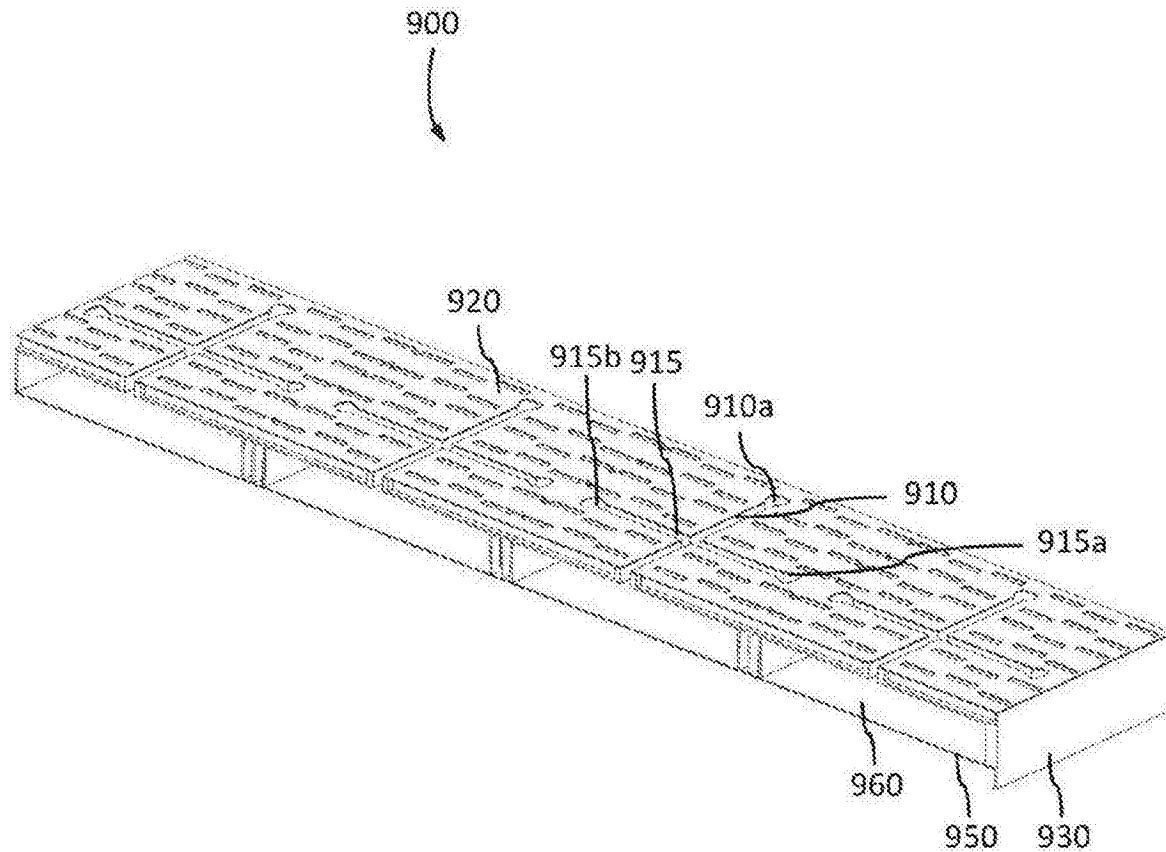


图11

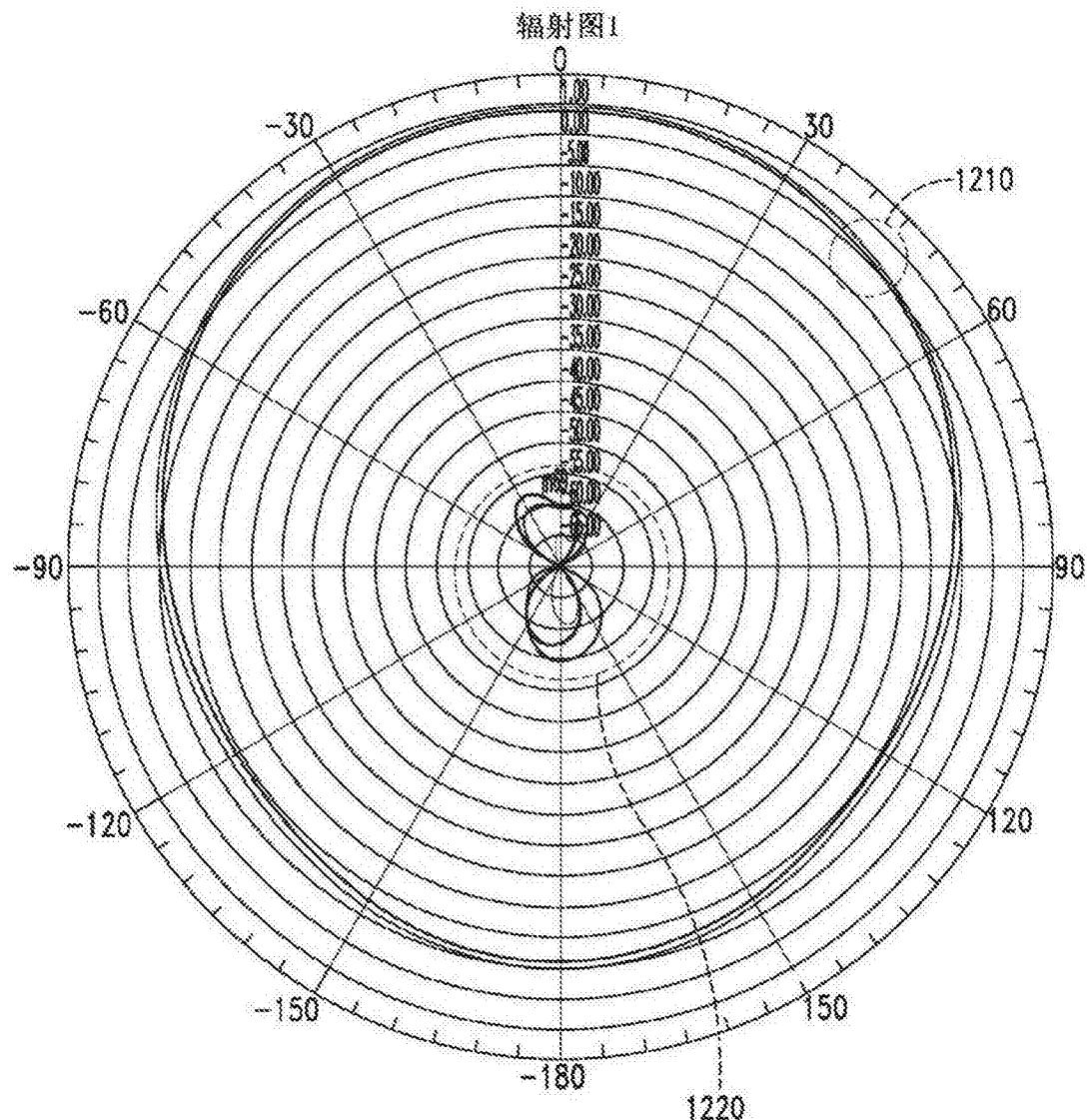


图12

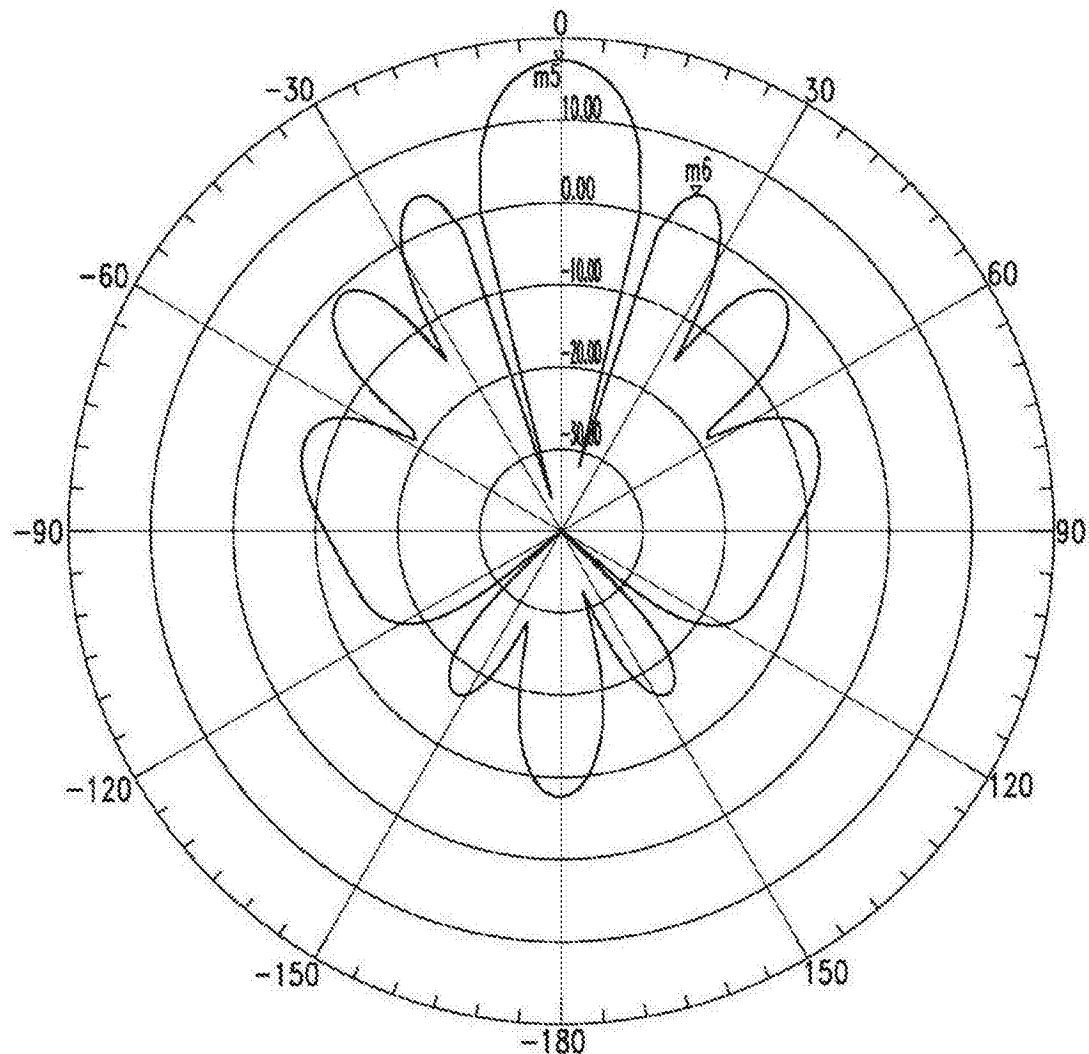


图13

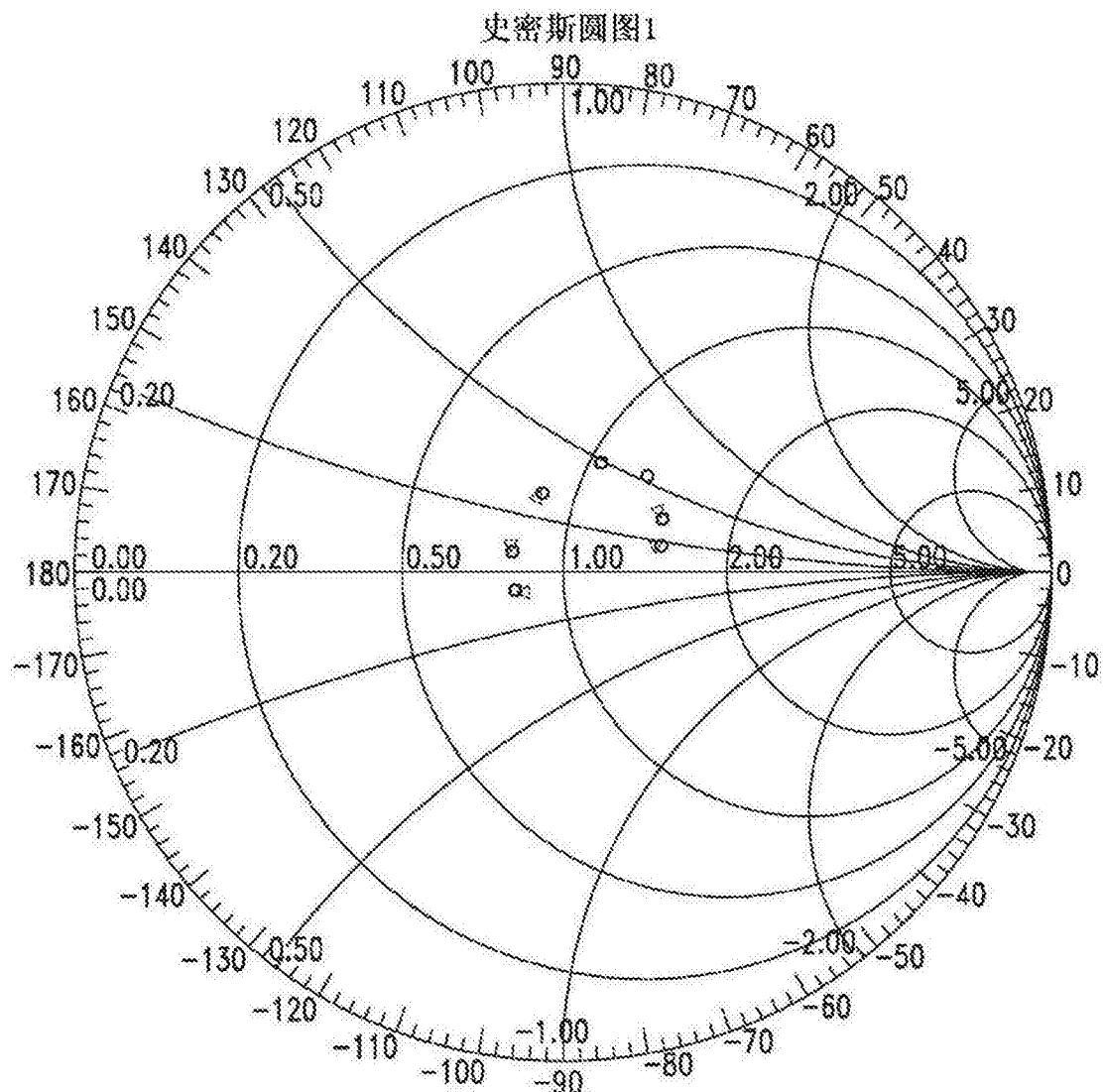


图14