



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103765674 B

(45)授权公告日 2016.10.05

(21)申请号 201280042420.5

(22)申请日 2012.08.31

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103765674 A

(43)申请公布日 2014.04.30

(30)优先权数据

13/223,127 2011.08.31 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.02.28

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/053545 2012.08.31

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/033650 EN 2013.03.07

(73)专利权人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 C·W·李 M·A·塔索德基

R·布鲁肯布鲁弗

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 陈炜

(51)Int.Cl.

H01Q 3/24(2006.01)

H01Q 3/30(2006.01)

H01Q 9/04(2006.01)

H01Q 1/22(2006.01)

(56)对比文件

CN 101471711 A,2009.07.01,

CN 101471711 A,2009.07.01,

US 2008079636 A1,2008.04.03,

CN 101496298 A,2009.07.29,

Amer Bzeih等.Empirical Formulation and Design of a Broadband Enhanced E-Patch Antenna.《NATIONAL RADIO SCIENCE CONFERENCE 2007》.2007,

审查员 敖杰峰

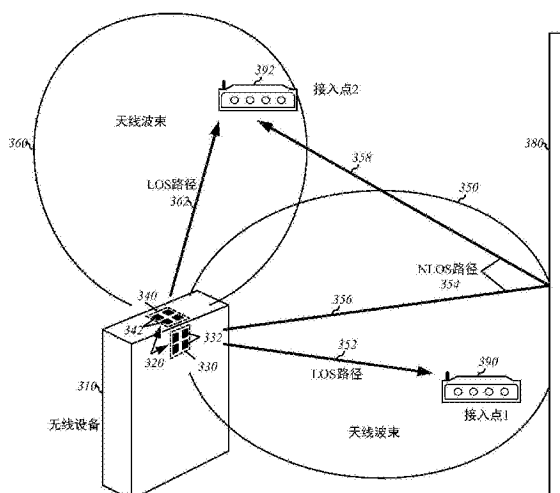
权利要求书2页 说明书12页 附图13页

(54)发明名称

具有3-D天线系统的无线设备

(57)摘要

公开了用于改善天线系统的覆盖的技术。一方面,无线设备(310)包括3-D天线系统(320)以改善覆盖并增强性能。3-D天线系统(320)包括形成于指向不同空间方向的多个平面上的天线振子(332,342)。形成于多个平面上的天线振子与不同的天线波束(350,360)相关联,这可为无线设备提供更大的视线(LOS,352,362)覆盖。可以为给定平面上的天线执行波束成形以进一步改善LOS覆盖(352,362)。非LOS(NLOS,354)覆盖也可改善,这是因为指向不同空间方向的天线波束可能由于一些天线波束的较好的信号反射而导致具有较高功率电平的反射信号。该天线系统可被用于IEEE802.11ad WPAN中的60GHz毫米波。



1. 一种装置,包括:

第一天线振子集,所述第一天线振子集形成于无线设备的第一平面上且与通过波束成形获得的第一天线波束相关联;以及

第二天线振子集,所述第二天线振子集形成于所述无线设备的第二平面上,所述第一和第二平面指向不同的空间方向,其中所述装置仅为所述第一天线振子集执行波束成形。

2. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述波束成形经由所述第一天线振子集的第一复增益集。

3. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第一天线振子集经由所述第一天线波束来辐射输出信号,并且所述第二天线振子集经由第二天线波束来辐射所述输出信号。

4. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第一天线振子集经由所述第一天线波束接收来自另一设备的信号。

5. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,还包括:

第一功率放大器集,所述第一功率放大器集被配置成接收基于第一输出信号生成的第一输入信号集,并且提供第一输出射频(RF)信号集以供经由所述第一天线振子集进行发射;以及

第二功率放大器集,所述第二功率放大器集被配置成接收基于所述第一输出信号或第二输出信号生成的第二输入信号集,并且提供第二输出RF信号集以供经由所述第二天线振子集进行发射。

6. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,还包括:

第一低噪放大器(LNA)集,所述第一低噪放大器集被配置成从所述第一天线振子集接收第一收到射频(RF)信号集并且提供第一经放大信号集;以及

第二LNA集,所述第二LNA集被配置成从所述第二天线振子集接收第二收到RF信号集并且提供第二经放大信号集。

7. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第一平面与所述第二平面正交。

8. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第一天线振子集包括多个贴片天线。

9. 如权利要求8所述的装置,其特征在于,所述多个贴片天线中的每一个贴片天线具有非正方形的形状或具有E形。

10. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第一天线振子集形成于玻璃基板的第一表面上,并且其中所述第二天线振子集形成于所述玻璃基板的第二表面上。

11. 如权利要求2所述的装置,其特征在于,还包括:

存储器,所述存储器被配置成存储与所述第一天线振子集的不同天线波束相关联的多个复增益集,所述第一复增益集是所述多个复增益集之一。

12. 如权利要求2所述的装置,其特征在于,所述第一复增益集中的复增益具有相等的振幅和可变的相位。

13. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第一和第二天线振子集在40与300吉赫(GHz)之间的毫米波频率工作。

14. 一种方法,包括:

通过波束成形从形成于无线设备的第一平面上的第一天线振子集发射第一信号;以及从形成于所述无线设备的第二平面上的第二天线振子集发射第二信号,所述第一和第

二平面指向不同的空间方向,其中仅为所述第一天线振子集执行波束成形。

15.如权利要求14所述的方法,其特征在于,所述第一信号通过经由所述第一天线振子集的第一复增益集的波束成形来发射。

16.如权利要求14所述的方法,其特征在于,进一步包括:

为所述第一天线振子集确定针对与不同天线波束相对应的多个复增益集中的每一个复增益集的性能度量;以及

基于所述多个复增益集中的每一个复增益集的性能度量来从所述多个复增益集之中选择复增益集,其中所述第一信号通过经由所选复增益集的波束成形来发射。

17.如权利要求14所述的方法,其特征在于,进一步包括:

通过经由所述第一天线振子集的波束成形来接收第三信号。

18.一种设备,包括:

用于通过波束成形从形成于无线设备的第一平面上的第一天线振子集发射第一信号的装置;以及

用于从形成于所述无线设备的第二平面上的第二天线振子集发射第二信号的装置,所述第一和第二平面指向不同的空间方向,其中所述设备仅为所述第一天线振子集执行波束成形。

19.如权利要求18所述的设备,其特征在于,还包括:

用于为所述第一天线振子集确定针对与不同天线波束相对应的多个复增益集中的每一个复增益集的性能度量的装置;以及

用于基于所述多个复增益集中的每一个复增益集的性能度量来从所述多个复增益集之中选择复增益集的装置,其中所述第一信号通过经由所选复增益集的波束成形来发射。

具有3-D天线系统的无线设备

[0001] 背景

[0002] 领域

[0003] 本公开一般涉及电子器件,尤其涉及无线设备。

[0004] 背景

[0005] 无线设备(例如,蜂窝电话或智能电话)可包括耦合至天线以支持双向通信的发射机和接收机。对于数据传送,发射机可用数据来调制射频(RF)载波信号以获得经调制信号,放大经调制信号以获得具有恰当功率电平的输出RF信号,并经由天线将该输出RF信号发射到基站。对于数据接收,接收机可经由天线获得收到RF信号并且可调理和处理该收到RF信号以恢复由基站发送的数据。

[0006] 无线设备可包括耦合至多个天线的多个发射机和/或多个接收机以改善性能。设计并在无线设备上构造多个天线可能是具有挑战性的,尤其在处于甚高频率的情况下。

[0007] 附图简要说明

[0008] 图1示出能够与不同无线通信系统通信的无线设备。

[0009] 图2示出具有二维(2-D)天线系统的无线设备。

[0010] 图3示出具有三维(3-D)天线系统的无线设备。

[0011] 图4A和4B示出3-D天线系统的两种示例性设计。

[0012] 图5A、5B和5C示出贴片天线的示例性设计。

[0013] 图6A、6B和6C示出贴片天线的另一示例性设计。

[0014] 图7A、7B和7C示出天线阵列的示例性设计。

[0015] 图8A和8B示出天线阵列的另一示例性设计。

[0016] 图9示出天线阵列的又一示例性设计。

[0017] 图10示出形成于玻璃上的3-D天线系统。

[0018] 图11示出具有3-D天线系统的无线设备的框图。

[0019] 图12示出用3-D天线系统来发射信号的过程。

[0020] 详细描述

[0021] 以下阐述的详细描述旨在作为本公开的示例性设计的描述,而无意表示可在其中实践本公开的仅有设计。术语“示例性”在本文中用于表示“用作示例、实例或解说”。本文中描述为“示例性”的任何设计不必被解释为优于或胜过其他设计。本详细描述包括具体细节以提供对本公开的示例性设计的透彻理解。对于本领域技术人员将明显的是,没有这些具体细节也可实践本文描述的示例性设计。在一些实例中,公知的结构和器件以框图形式示出以免湮没本文中给出的示例性设计的新颖性。

[0022] 本文描述了具有3-D天线系统的无线设备。3-D天线系统是包括在指向不同空间方向的多个平面上(例如,在无线设备的两个或更多个表面上)形成的天线振子的天线系统。平面可以“指向”与该平面正交的空间方向。短语“指向”以及“瞄准”在本文中互换地使用。具有3-D天线系统的无线设备可以是支持无线通信的任何电子设备。

[0023] 图1示出能够与不同无线通信系统120和122通信的无线设备110。无线系统120可

以是码分多址(CDMA)系统(其可以实现宽带CDMA(WCDMA)、cdma2000、或某一其他版本的CDMA)、全球移动通信系统(GSM)系统、长期演进(LTE)系统等。无线系统122可以是无线局域网(WLAN)系统,其可实现IEEE802.11等。为了简化起见,图1示出无线系统120包括一个基站130和一个系统控制器140,而无线系统122包括一个接入点132和一个路由器142。一般而言,每个系统可包括任何数目的基站以及任何网络实体集合。

[0024] 无线设备110也可被称为用户装备(UE)、移动站、终端、接入终端、订户单元、站等。无线设备110可以是蜂窝电话、智能电话、平板计算机、无线调制解调器、个人数字助理(PDA)、手持式设备、膝上型计算机、智能本、上网本、无绳电话、无线本地环路(WLL)站、蓝牙设备等。无线设备110可配备有任何数目的天线。可以使用多个天线来提供更好的性能、同时支持多种服务(例如,语音和数据)、提供对抗有害路径效应(例如,衰落、多径和干扰)的分集、支持多输入多输出(MIMO)传输以提高数据率、和/或获得其他益处。无线设备110可以能够与无线系统120和/或122通信。无线设备110还可以能够接收来自广播站(例如,广播站134)的信号。无线设备110还可以能够接收来自一个或多个全球导航卫星系统(GNSS)中的卫星(例如,卫星150)的信号。

[0025] 一般地,无线设备110可以支持与任何数目的无线系统的通信,其可采用任何无线电技术,诸如WCDMA、cdma2000、LTE、GSM、802.11、GPS等。无线设备110还可支持在任何数目的频带上的操作。

[0026] 无线设备110可以支持甚高频率处(例如,从40吉赫到300吉赫(GHz)的毫米(mm)波频率内)的操作。例如,无线设备110可以为802.11ad在60GHz操作。无线设备110可包括支持以毫米波频率进行的操作的天线系统。天线系统可包括数个天线振子,每一个天线振子用于发射和/或接收信号。术语“天线”和“天线振子”在本文中是同义的且被可互换地使用。每一个天线振子可以用贴片天线、偶极天线、或某一其他类型的天线来实现。可以基于无线设备的工作频率、期望性能等来选择供使用的合适的天线类型。在一示例性设计中,天线系统可包括支持在毫米波频率操作的数个贴片天线。

[0027] 图2示出具有2-D天线系统220的无线设备210的示例性设计。在这一示例性设计中,天线系统220包括具有形成于对应于无线设备210前表面的单个平面上的四个贴片天线232的2×2阵列230。贴片天线阵列230具有天线波束250,天线波束250指向与在其上形成贴片天线232的平面正交的方向。无线设备210可以将信号直接发射给位于天线波束250内的其他设备(例如,接入点),并且还可从位于天线波束250内的其他设备直接接收信号。天线波束250因而代表无线设备210的视线(LOS)覆盖。

[0028] 接入点290(即,另一设备)可位于无线设备210的LOS覆盖内部。无线设备210可以经由视线(LOS)路径252向接入点290发射信号。另一接入点292可位于无线设备210的LOS覆盖外部。无线设备210可经由非视线(NLOS)路径254向接入点292发射信号,非视线路径254包括从无线设备210到墙280的直接路径256以及从墙280到接入点292的反射路径258。

[0029] 一般地,无线设备210可以经由LOS路径向位于天线波束250内的另一设备直接发射信号(例如,如图2所示)。这一信号在经由LOS路径被接收时可能具有低得多的功率损耗。低功率损耗可以允许无线设备210以较低的功率电平来发射该信号,这可以使得无线设备210能够节约电池功率并且延长电池寿命。

[0030] 无线设备210可以经由NLOS路径向位于天线波束250外部的另一设备发射信号(例

如,同样如图2所示)。这一信号在经由NLOS路径被接收时可能具有高得多的功率损耗,这是因为信号能量的一大部分可能被NLOS路径中的一个或多个物体反射、吸收和/或散射。无线设备210可能以高功率电平来发射该信号以便确保该信号可经由NLOS路径被可靠地接收。然而,无线设备210可能消耗过度的电池功率以便以高功率电平来发射该信号。

[0031] 天线振子可以形成于对应于无线设备的表面的平面上,并且可以被用来发射和/或接收信号。该天线振子可具有特定的天线波束图案和特定的最大天线增益,这可能取决于该天线振子的设计和实现。可以在同一平面上形成多个天线振子,并且可以使用该多个天线振子来改善天线增益。在毫米波频率处较高的天线增益可能是尤其合意的,这是因为(i)在毫米波频率处难以高效地生成高功率,以及(ii)在毫米波频率处衰减损耗可能较大。每一个天线振子可能由于该天线振子的方向性而具有有限的LOS覆盖区域。由多个天线振子构成的天线系统也将具有有限的LOS覆盖区域。LOS覆盖区域外部的区域可能被反射信号覆盖,但在NLOS覆盖区域中信号强度可能是微弱的。因此,尽可能地具有较大的LOS覆盖区域是优选的。

[0032] 一方面,无线设备可包括3-D天线系统以改善LOS覆盖并增强性能。3-D天线系统可包括形成于指向不同空间方向的多个平面上的天线振子。3-D天线系统则将具有与在其上形成天线振子的多个平面相对应的多个天线波束。每一个平面的天线波束将覆盖不同的LOS覆盖区域。这多个天线波束可以为无线设备提供更大的总的LOS覆盖区域。NLOS覆盖也可改善,这是因为指向不同空间方向的天线波束可能由于一些天线波束的较好的信号反射而导致具有较高功率电平的反射信号。

[0033] 图3示出具有3-D天线系统320的无线设备310的示例性设计。在这一示例性设计中,天线系统320包括:(i)具有形成于对应于无线设备310的前表面的第一平面上的四个贴片天线332的 2×2 阵列330;以及(ii)具有形成于对应于无线设备310的顶表面的第二平面上的四个贴片天线342的 2×2 阵列340。天线阵列330具有天线波束350,天线波束350指向与在其上形成贴片天线332的第一平面正交的方向。天线阵列340具有天线波束360,天线波束360指向与在其上形成贴片天线342的第二平面正交的方向。天线波束350和360因而代表了无线设备310的LOS覆盖。

[0034] 接入点390(即另一设备)可位于天线波束350的LOS覆盖内部但位于天线波束360的LOS覆盖外部。无线设备310可以经由天线波束350内的LOS路径352向接入点390发射第一信号。另一接入点392可位于天线波束360的LOS覆盖内部但位于天线波束350的LOS覆盖外部。无线设备310可以经由天线波束360内的LOS路径362向接入点392发射第二信号。无线设备310可以经由由直接路径356和因墙380造成的反射路径358构成的NLOS路径354向接入点392发射信号。与经由NLOS路径354接收信号相比,接入点392可以更高的功率电平经由LOS路径362来接收信号。

[0035] 如图2和3所示,无线设备310的LOS覆盖可以通过使用具有形成于多个平面上的天线振子的3-D天线系统来增强。这可允许无线设备310同时向多个其他设备发射信号。这还可允许无线设备310在更多情景中以较低的功率电平来发射信号,这可以使得无线设备310能够节约电池功率并且延长电池寿命。

[0036] 无线设备310的NLOS覆盖也可通过使用3-D天线系统320来改善。经由不同天线波束发射的信号可能遭遇不同的物体并且可能在不同方向上被反射和/或散射。这可允许来

自无线设备310的信号在更多的位置处被接收和/或以更高的功率电平被接收,这可改善无线设备310的覆盖。

[0037] 图3示出包括形成于两个平面上的两个 2×2 天线阵列330和340的3-D天线系统的示例性设计。一般地,3-D天线系统可包括形成于指向不同空间方向的任何数目的平面上的任何数目的天线振子。这些平面可以彼此正交或者可以不彼此正交。可以在每一个平面上形成任何数目的天线,并且这些天线可以按任何形式来安排。在更多的平面上使用天线可以改善LOS覆盖并可能改善NLOS覆盖。

[0038] 图4A示出具有3-D天线系统420a的无线设备410a的示例性设计。在这一示例性设计中,天线系统420a包括:(i)具有形成于对应于无线设备410a前表面的第一平面上的八个贴片天线432的 4×2 阵列430;以及(ii)具有形成于对应于无线设备410a顶表面的第二平面上的八个贴片天线442的 4×2 阵列440。天线阵列430具有指向与在其上形成贴片天线432的第一平面正交的方向的第一天线波束。天线阵列440具有指向与在其上形成贴片天线442的第二平面正交的方向的第二天线波束。

[0039] 图4B示出具有3-D天线系统420b的无线设备410b的示例性设计。在这一示例性设计中,与图4A中的3-D天线系统420a类似地,天线系统420b包括具有八个贴片天线432的 4×2 阵列430和具有八个贴片天线442的 4×2 阵列440。3-D天线系统420b进一步包括:(i)具有形成于对应于无线设备410b左侧表面的第三平面上的四个贴片天线452的 2×2 阵列450;以及(ii)具有形成于对应于无线设备410b右侧表面的第四平面上的四个贴片天线的 2×2 阵列460(图4B中不可见)。天线阵列430、440、450和460具有指向不同空间方向的四个天线波束。

[0040] 图4A和4B示出3-D天线系统的两种示例性设计。3-D天线系统还可采用其他方式来实现。例如,3-D天线系统可包括在前侧和两侧(但不包括顶侧)上的天线阵列、或者包括在前侧和背侧(但不包括顶侧或两侧)上的天线阵列、或者包括在前侧、背侧和两侧(但不包括顶侧)上的天线阵列、或者包括在前侧、背侧、顶侧和两侧上的天线阵列。3-D天线系统还可包括其他类型的天线(而非贴片天线)和/或以其他形式安排(而非 2×2 阵列)的天线。

[0041] 一般地,3-D天线系统可包括任何类型或者任何类型组合的天线。例如,3-D天线系统可包括贴片天线、单极天线、偶极天线、环形天线、微带天线、带状线天线、印刷偶极天线、倒F天线、平面倒F天线(PIFA)、极化贴片、板状天线(其为没有接地平面的不规则形状的平坦天线)、半波天线、四分之一波天线等。贴片天线也被称为平面天线。偶极天线也被称为鞭状天线。用于3-D天线系统的合适的天线类型可基于各种因素来选择,诸如无线设备的工作频率、期望性能等。下面描述适用于60GHz(例如,用于802.11ad)的贴片天线的若干示例性设计。

[0042] 图5A示出适用于毫米波频率的贴片天线510的示例性设计。贴片天线510包括在接地平面514之上形成的导电贴片512。贴片512具有基于期望的工作频率来选择的尺寸(例如, 1.55×1.55 毫米)。接地平面514具有选择用于提供贴片天线510的期望方向性的尺寸(例如, 2.5×2.5 毫米)。较大的接地平面还导致较小的后瓣。馈电点516位于贴片512中心附近,并且是在该处向贴片天线510施加输出RF信号以供传输的点。馈电点516的位置可被选择用于向馈电线提供期望的阻抗匹配。

[0043] 图5B示出图5A中的贴片天线510的天线波束图案520的标绘。天线波束图案520具

有指向z方向的球形主瓣,z方向与在其上形成贴片天线510的x-y平面正交。最大天线增益是自贴片512的中心出发沿着z方向的大约7dBi(分贝相对等向)。

[0044] 图5C示出图5A中的贴片天线510的频率响应的标绘530。在图5C中,竖轴代表以分贝(dB)为单位的回波损耗,而横轴代表以GHz为单位的频率。如图5C所示,贴片天线510具有以约60GHz为中心的约1.2GHz的带宽。该带宽与其中回波损耗低于/好于目标回波损耗的频率范围相对应,在图5C中目标回波损耗可以是-10dB。

[0045] 图6A示出适用于毫米波频率的贴片天线610的示例性设计。贴片天线610包括在接地平面614之上形成的导电E形贴片612。贴片612具有基于期望的工作频率来选择的尺寸(例如,1.37×2.10毫米)。每一个槽618a和618b具有基于期望频率响应来选择的尺寸(例如,1.00×0.26毫米)。接地平面614具有选择用于提供期望方向性的尺寸(例如,5.0×5.0毫米)。馈电点616位于贴片612中心附近,并且是在该处向贴片天线610施加输出RF信号的点。馈电点616的位置被选择用于提供期望的阻抗匹配。

[0046] 图6B示出图6A中的贴片天线610的天线波束图案620的标绘。天线波束图案620具有指向z方向的球形主瓣,z方向与在其上形成贴片天线610的x-y平面正交。最大天线增益是自贴片612的中心出发沿着z方向的大约8dBi。

[0047] 图6C示出图6A中的贴片天线610的频率响应的标绘630。如图6C所示,贴片天线610具有以约60GHz为中心的约10GHz的带宽。这一带宽对于在8.64GHz带宽上工作的802.11ad绰绰有余。图6A中的E形贴片天线610具有比图5A中的正方形贴片天线510宽得多的带宽。

[0048] 图5A和6A示出两种示例性贴片天线设计。贴片天线还可使用其他形状来实现,诸如矩形、圆形、椭圆形、H形、O形、T形、V形、W形、X形、Y形、Z形等。不同形状可以与不同带宽和/或不同天线波束图案相关联。合适的贴片形状可基于期望性能(例如,期望带宽)来选择。一般地,天线的各种特性(诸如天线波束图案、带宽、最大天线增益等)可取决于各种因素,诸如天线的形状和尺寸、用于实现天线的材料等。

[0049] 多个贴片天线可按各种形式来安排以形成天线阵列。不同的阵列形式可以与不同的天线波束图案以及不同的最大天线增益相关联。

[0050] 图7A示出由排列成直线的四个贴片天线720a到720d构成的4×1天线阵列710的示例性设计。每一个贴片天线720可以用图5A所示的正方形贴片天线510、图6A所示的E形贴片天线610、或某一其他形状的贴片天线来实现。相邻的贴片天线720分隔距离d,其可以是2.5、3、4、5、10、20毫米等。可以获得具有不同分隔距离的不同天线波束图案。

[0051] 图7B示出图7A中的贴片天线710在y-z平面中的天线波束图案730的标绘。天线波束图案730具有指向z方向的主瓣,z方向与在其上形成贴片天线720的x-y平面正交。

[0052] 图7C示出图7A中的贴片天线710在x-z平面中的天线波束图案740的标绘。天线波束图案740具有指向z方向的主瓣。图7C中沿着x轴的主瓣比图7B中沿着y轴的主瓣更宽。

[0053] 图8A示出由四个贴片天线820a到820d构成的2×2天线阵列810的示例性设计。每一个贴片天线820可以用正方形贴片天线510、E形贴片天线610、或某一其他形状的贴片天线来实现。贴片天线820分隔距离d,其可以是2.5、3、4、5、10、20毫米等。可以获得具有不同分隔距离的不同天线波束图案。

[0054] 图8B示出图8A中的贴片天线810在x-z平面中的天线波束图案830的标绘。天线波束图案830具有指向z方向的主瓣,z方向与在其上形成贴片天线820的x-y平面正交。贴片天

线810在y-z平面中的天线波束图案与x-z平面中的天线波束图案830类似。

[0055] 图9示出由四个贴片天线920a到920d构成的天线阵列910的示例性设计。每一个贴片天线920可以用正方形贴片天线510、E形贴片天线610、或某一其他形状的贴片天线来实现。贴片天线920分隔距离d,其可以是2.5、3、4、5、10、20毫米等。

[0056] 图7A、8A和9示出一些示例性天线阵列。一般地,多个贴片天线可按任何形式来安排,其可以基于各种因素来选择,诸如期望的天线波束图案、期望的最大天线增益、可用空间等。在给定轴上排列较多的贴片天线可以提供较集中和窄的天线波束但较高的天线增益。在给定轴上排列多个贴片天线还可用于波束成形,如下文所描述的。

[0057] 图10示出形成于玻璃上的3-D天线系统1010的示例性设计的侧视图。3-D天线系统1010包括:(i)具有形成于(例如,对应于无线设备的前表面的)第一平面上的贴片天线(Ant)1022a和1022b的阵列1020;以及(ii)具有形成于(例如,对应于无线设备的顶表面的)第二平面上的贴片天线1032a和1032b的阵列1030。

[0058] 天线1022和1032形成于L形玻璃基板1040的外侧表面1042之上。RF芯片1050包括:(i)用于生成输出RF信号以供经由天线1022和1032发射的发射电路,和/或(ii)用于处理来自天线1022和1032的收到RF信号的接收电路。RF芯片1050通过通孔1024电耦合至天线1022,通孔1024被形成为贯穿玻璃基板1040。RF芯片1050还通过导电互连1036和通孔1034电耦合至天线1032,通孔1034被形成为贯穿玻璃基板1040。

[0059] 表1列举了在3-D天线系统中形成天线的不同方式。如表1所示,天线振子可形成于集成电路(IC)芯片上、IC封装上、电路板上、或玻璃基板上(例如,如图10所示)。片上实现可以提供方便的集成,但可能由于IC芯片的较高的每单元面积成本而具有较高的成本。封装上实现可以是紧凑的,但可能要求定制的IC封装。板上实现可以提供良好的性能(取决于用于电路板的材料)并且可以提供灵活性。玻璃上实现可以具有某些优势,诸如较低的成本、与微机电系统(MEMS)技术的简单集成、易于3-D制造。天线振子可基于MEMS或某一其他工艺技术而形成于玻璃上。3-D天线系统中的天线可基于表1中列举的方式中的任一种或任何组合和/或用其他方式来制造。在表1中,较小的损耗正切为较佳,并且可以降低损耗。

[0060] 表1——3-D天线系统中天线的实现

[0061]

天线	材料	损耗正切	描述
片上	CMOS 晶片		集成简单但成本较高。
封装上	晶片级封装		紧凑实现;封装内部的接地平面不清楚;可能需要特殊的封装设计
板上	FR4	0.02	成本低但有损耗。
板上	Rogers RT/ Duroid 5880	0.0009	良好性能;有各种天线选项可用。
玻璃上	玻璃	0.004	可用 MEMS 技术来实现天线。

[0062] 一般地,无线设备可包括形成于一体积、球体、或某一其他形状中的任何数目的平面上的天线振子(例如,贴片天线)。此外,可以在给定平面上形成任何数目的天线振子。要使用的平面数目、每一个平面上天线振子的数目、以及每一个天线振子的设计可基于无线设备的要求来灵活选择。

[0063] 在一示例性设计中,波束成形可用于3-D天线系统以改善LOS覆盖和/或获得其他

优点。可以为3-D天线系统中的一个或多个天线阵列执行波束成形。波束成形可用于将天线阵列的天线波束导向在不同空间方向上,这将会扩展该天线阵列的LOS覆盖。可以通过向经由阵列中的不同天线发射的多个信号施加复增益来为天线阵列执行波束成形。

[0064] 图11示出具有3-D天线系统1120的无线设备1110的示例性设计的框图。在这一示例性设计中,3-D天线系统1120包括形成于指向不同空间方向的K个平面上的K个天线阵列1130a到1130k,其中K可以是大于1的任何整数值。每一个天线阵列1130包括N个天线1132,其中N可以是大于1的任何整数值。K个天线阵列1130a到1130k可以包括相同数目或不同数目的天线。

[0065] 对于数据传输,数据处理器1150可以处理(例如,编码和调制)要被发射的数据,并且为K个天线阵列1130a到1130k提供K个数据信号Xout1到XoutK。在一示例性设计中,这K个数据信号可以是相同的,并且相同的信息可以自所有K个天线阵列1130a到1130k发送。在另一示例性设计中,这K个数据信号可以是不同的数据信号,并且不同的信息可以自K个天线阵列1130a到1130k发送。

[0066] 在天线阵列1130a的发射区段1152a内,Xout1数据信号可被提供给N个乘法器1160a到1160n,该N个乘法器1160a到1160n还可分别接收N个复增益GT11到GT1N。每一个乘法器1160可以将Xout1数据信号与其复增益相乘,并且提供经缩放的数据信号。来自每一个乘法器1160的经缩放数据信号可由相关联的发射(TX)电路1162处理,并且进一步由相关联的功率放大器(PA)1164放大以生成输出RF信号。输出RF信号可以通过开关多工器/双工器(Sw/Duplexer)1166来路由并且经由相关联的天线1132来发射。TX电路1162可包括数模转换器(DAC)、放大器、滤波器、上变频器/混频器等。来自N个乘法器1160a到1160n的N个经缩放数据信号可因而被处理并且经由天线阵列1130a的N个天线1132aa到1132an来发射。乘法器1160a到1160n也可被置于发射区段1152中的N个发射路径内的其他位置处(例如,在TX电路1162之后)。乘法器1160a到1160n可以用硬件、软件、固件等来实现。

[0067] 每一个其余的发射区段1152可以用其相关联的天线阵列1130的复增益集来类似地接收和处理其数据信号以生成经缩放数据信号集。经缩放数据信号可以被进一步处理并且经由相关联的天线阵列1130中的N个天线1132来发射。

[0068] 对于数据接收,天线阵列1130a到1130k可以接收其他设备发射的RF信号。来自天线1132的收到RF信号可以通过开关多工器/双工器1166来路由、由低噪放大器(LNA)1170来放大、并且由接收(RX)电路1172进一步处理以获得收到基带信号。RX电路1172可包括下变频器/混频器、放大器、滤波器、模数转换器(ADC)等。

[0069] 在用于天线阵列1130a的接收区段1154a内,分别向N个乘法器1174a到1174n提供来自N个RX电路1172的N个收到基带信号以及还有N个复增益GR11到GR1N。每一个乘法器1174可以将其收到基带信号与其复增益相乘,并且提供经缩放的收到基带信号。来自天线阵列1130a的N个天线1132aa到1132an的N个收到RF信号可因而被处理并由N个乘法器1174a到1174n缩放。求和器1176可以对来自乘法器1174a到1174n的这N个经缩放的收到基带信号求和,并且向数据处理器1150提供输入信号Xin1。乘法器1174a到1174n和求和器1176也可被置于接收区段1154a中的这N个接收路径内的其他位置处(例如,在RX电路1172之前)。用于每一个天线阵列1130的乘法器1174a到1174n可以用硬件、软件、固件等来实现。每一个其余的接收区段1154可以用其相关联的天线阵列1130的复增益集来类似地接收和处理其收

到RF信号以生成输入信号。数据处理器1150可以处理(例如,解调和解码)来自用于K个天线阵列1130a到1130k的K个求和器1176的K个输入信号 X_{in1} 到 X_{inK} 。

[0070] 控制器/处理器1190可指导无线设备1110内的各种单元的操作。存储器1192可存储供无线设备1110用的程序代码和数据。数据处理器1150、控制器/处理器1190、和存储器1192可经由总线1194和/或其他装置来通信。

[0071] 发射区段1152a到1152k以及接收区段1154a到1154k中的全部或者一部分可以实现在一个或多个模拟IC、RF IC(RFIC)、混合信号IC等上。发射区段1152a到1152k以及接收区段1154a到1154k的其余部分、数据处理器1150、控制器/处理器1190、和存储器1192可以实现在一个或多个专用集成电路(ASIC)和/或其他IC上。

[0072] 无线设备1110可以用各种方式为3-D天线系统1120执行波束成形。无线设备1110可以仅为一个天线阵列1130a(例如,在无线设备1110的前表面上的天线阵列)、或者所有的K个天线阵列1130a到1130k、或者这K个天线阵列的子集执行波束成形。在一个示例性设计中,无线设备1110可以独立地为支持波束成形的每一个天线阵列1130执行波束成形。对于每一个天线阵列1130,无线设备1110可以评估不同的天线波束并且可以选择具有最佳性能的天线波束。这可用各种方式来达成。

[0073] 在一种示例性设计中,无线设备1110可以基于无线设备1110收到的信号来为每一个天线阵列1130标识最佳天线波束。无线设备1110可以一次选择一个天线波束以评估给定天线阵列。对于每一个天线波束,无线设备1110可以检测来自其他设备的信号(例如,导频信号和/或数据信号),并且可以测量每一个检测到的信号的收到功率。无线设备1110可以将感兴趣的设备的具有最高收到功率的天线波束标识为天线阵列的最佳天线波束。无线设备1110可以用类似的方式来为每一个其余的天线阵列标识最佳天线波束。

[0074] 在另一示例性设计中,无线设备1110可以基于无线设备1110发射的信号来为每一个天线阵列1130标识最佳天线波束。无线设备1110可以一次选择一个天线波束来评估给定天线阵列。对于每一个天线波束,无线设备1110可以向其他设备发射信号(例如,导频信号和/或数据信号)。无线设备1110可以接收由其他设备基于无线设备1110发射的信号所确定的反馈。例如,无线设备1110可以接收指示无线设备1110发射的导频和/或数据信号在其他设备处所测量到的收到功率的反馈。作为另一示例,无线设备1110可以接收指示无线设备1110发射的数据信号是否已经被其他设备正确解码的反馈。在任何情形中,无线设备1110可以将具有最佳性能(例如,最高收到功率或最低差错率)的天线波束标识为天线阵列的最佳天线波束。无线设备1110可以用类似的方式来为每一个其余的天线阵列标识最佳天线波束。在又一示例性设计中,无线设备1110可以基于收到信号和发射信号的组合来为每一个天线阵列1130标识最佳天线波束。

[0075] 一般地,无线设备1110可以基于一个或多个准则来确定每一个天线波束的性能度量。例如,性能度量可以涉及无线设备1110收到的信号的收到功率、无线设备1110发射的信号在其他设备处所测量到的收到功率、发射信号或收到信号的差错率等。无线设备1110可以基于每一个天线阵列的每一个天线波束的性能度量来为该天线阵列标识最佳天线波束。

[0076] 复增益或系数集可用于每一个天线阵列1130以为该天线阵列执行波束成形,如图11所示。复增益可由(i)实值A和虚值B(即 $A+jB$)或者(ii)振幅K和相位 θ (即 $K\angle\theta$)来定义。在一种示例性设计中,每一个天线阵列1130的复增益可具有不同的振幅和/或相位,这些振幅

和/或相位可被选择以获得期望的天线波束。这一示例性设计可以提供更大的灵活性以为天线阵列定义天线波束。在另一示例性设计中,每一个天线阵列1130的复增益具有相同的振幅(例如,1.0)但可具有不同的相位,这些振幅/相位可被选择以获得期望的天线波束。这一示例性设计可允许为每一个天线1132使用满发射功率。在一示例性设计中,天线阵列的复增益集中的一个复增益可具有固定值(例如,1.0)。这可允许省略一个乘法器(例如,图11中的发射区段1152a中的乘法器1160a)。

[0077] 可以有与不同天线波束相关联的多个复增益集可用于天线阵列。在一种示例性设计中,该多个复增益集可以(i)基于计算机模拟、经验性测量和/或经由其他手段被先验确定,以及(ii)被存储在无线设备1110上的非易失性存储器(例如,存储器1192)中。例如,指向不同空间方向的(例如,在空间域中均匀分隔的)M个天线波束的M个复增益集可以被确定和存储,其中M可以是任何整数值。在任何给定时刻可以施加一个复增益集以获得与该复增益集相关联的天线波束。

[0078] 在另一示例性设计中,天线阵列的多个复增益集可被适应性地确定。例如,初始复增益集可被用于天线阵列,并且可以为这一初始集确定性能度量。初始集中的一个或多个复增益可以在预定范围内改变以获得新的复增益集。复增益可以随机改变或者基于搜索算法来改变。可以为新的复增益集确定性能度量。如果新的复增益集的性能度量好于初始集合的性能度量,则可以保留新的复增益集。一个或多个复增益可以用类似的方式迭代地变化和评估直到获得最佳性能度量。

[0079] 在一示例性设计中,一种装置可包括第一和第二天线振子集,例如,如图3和11中所示的。该装置可以是无线设备、天线模块、IC芯片、IC封装、电路板等。第一天线振子集(例如,图3中的天线振子332、或图11中的天线振子1132aa到1132an)可形成于无线设备的第一平面上,并且可以与通过波束成形(例如,经由第一天线振子集的第一复增益集)获得的第一天线波束相关联。第二天线振子集(例如,图3中的天线振子342、或图11中的天线振子1132ka到1132kn)可形成于无线设备的第二平面上。第一和第二平面可以指向不同的空间方向。例如,第一平面可以与无线设备的第二平面正交。

[0080] 在一种示例性设计中,第一平面可对应于无线设备的前表面,而第二平面可对应于无线设备的顶表面,例如,如图3所示。第一和第二平面也可对应于无线设备的其他表面。

[0081] 在一示例性设计中,第二天线振子集可以与通过波束成形(例如,经由第二天线振子集的第二复增益集)获得的第二天线波束相关联。一般地,可以仅为第一天线振子集执行波束成形或者为第一和第二天线振子集两者执行波束成形。也可以为第一和第二天线阵子集独立地执行波束成形,例如,对这两个天线阵子集使用不同的复增益集。替换地,可以例如对这两个天线阵子集使用相同的复增益集来为这两个天线阵子集联合地执行波束成形,。

[0082] 在一示例性设计中,第一天线振子集可以经由第一天线波束来辐射输出信号,而第二天线振子集也可经由第二天线波束来辐射该输出信号。在这一示例性设计中,可以从两个天线振子集发射相同的输出信号。在另一示例性设计中,可以从第一和第二天线振子集发射不同的输出信号。

[0083] 在一种示例性设计中,可以将相同的天线波束用于发射和接收两者。在这一示例性设计中,第一天线振子集可以经由第一天线波束从另一设备接收信号。在另一示例性设

计中,可以将不同的天线波束用于发射和接收。在这一示例性设计中,第一天线振子集可以经由通过波束成形(例如,经由第一天线振子集的另一复增益集)获得的另一天线波束从另一设备接收信号,例如,如图11所示。

[0084] 该装置可进一步包括第一和第二功率放大器集,例如,如图11所示。第一功率放大器集(例如,图11中的发射区段1152a中的功率放大器1164)可接收基于输出信号生成的第一输入信号集,并且可以提供第一输出RF信号集以供经由第一天线振子集进行发射。第二功率放大器集(例如,图11中的发射区段1152k中的功率放大器1164)可接收基于相同的输出信号或另一输出信号生成的第二输入信号集,并且可以提供第二输出RF信号集以供经由第二天线振子集进行发射。

[0085] 该装置可进一步包括第一和第二LNA集,例如,如图11所示。第一LNA集(例如,图11中的接收区段1154a中的LNA1170)可以接收来自第一天线振子集的第一收到RF信号集,并且可以提供第一经放大信号集。第二LNA集(例如,图11中的接收区段1154k中的LNA1170)可以接收来自第二天线振子集的第二收到RF信号集,并且可以提供第二经放大信号集。

[0086] 在一示例性设计中,第一天线振子集可以形成第一天线阵列,而第二天线振子集可以形成第二天线阵列。在一示例性设计中,第一天线振子集可包括多个贴片天线,它们可以被安排在2-D阵列中。在一示例性设计中,每一个贴片天线可具有正方形形状,如图5A所示。在另一示例性设计中,每一个贴片天线可具有非正方形的形状,即不是正方形或矩形的任何形状。例如,每一个贴片天线可具有E形,如图6A所示。

[0087] 在一示例性设计中,第一天线振子集可形成于玻璃基板的第一表面上,而第二天线振子集可形成于玻璃基板的第二表面上,例如,如图10所示。第二表面可以与第一表面正交。在其他示例性设计中,第一和第二天线振子集可形成于如表1中所列的IC芯片、IC封装、电路板等上。

[0088] 在一示例性设计中,该装置可进一步包括存储器,该存储器存储与第一天线振子集的不同天线波束相关联的多个复增益集。第一天线振子集的第一复增益集可以是多个复增益集之一。在一示例性设计中,第一复增益集中的复增益可具有相等的振幅和可变的相位(即,可能不同的相位)。在另一示例性设计中,第一复增益集中的复增益可具有可变的振幅和可变的相位(即,可能不同的振幅和相位)。

[0089] 在一示例性设计中,第一和第二天线振子集可以在40到300GHZ之间的毫米波频率工作。第一和第二天线振子集也可以在其他频率范围工作。

[0090] 该装置还可包括形成于无线设备的一个或多个附加平面上的一个或多个附加天线振子集。每一个天线振子集可以与指向不同空间方向的相应的天线波束相关联。第一、第二以及可能还有附加天线振子集可以为无线设备提供更好的LOS覆盖以及可能提供更好的NLOS覆盖。

[0091] 图12示出用3-D天线系统来发射信号的过程1200的示例性设计。第一信号可以用波束成形从形成于无线设备的第一平面上的第一天线振子集发射(框1212)。第一信号可以用经由第一天线振子集的第一复增益集的波束成形来发射。第二信号可以从形成于无线设备的第二平面上的第二天线振子集发射(框1214)。第二信号也可以用波束成形(例如经由第二天线振子集的第二复增益集)来发射。第一和第二平面可以指向不同的空间方向。

[0092] 在一示例性设计中,第一和第二信号可包括相同的输出信号。这一示例性设计可

改善无线设备的LOS覆盖。在另一示例性设计中,第一和第二信号可包括不同的输出信号。这一示例性设计可以使得无线设备能够同时向多个其他设备进行发射,例如,如图3所示。

[0093] 在一示例性设计中,可以为第一天线振子集确定针对与不同天线波束相对应的多个复增益集中的每一个复增益集的性能度量(框1216)。可以基于多个复增益集中的每一个复增益集的性能度量来从该多个复增益集之中选择一复增益集(框1218)。可以将所选的复增益集用于针对第一天线振子集的波束成形。框1216和1218可以在框1212和1214之后执行(如图12所示)或者在框1212和1214之前执行(图12中未示出)。

[0094] 在一示例性设计中,可以经由第一天线振子集接收第三信号。第三信号可以用波束成形(例如,经由第一天线振子集的第一复增益集或第三复增益集)来接收。可以经由第二天线振子集接收第四信号。第四信号可以用波束成形(例如,经由第一天线振子集的第二复增益集或第四复增益集)来接收。对于每一个天线振子集,可以将相同的天线波束用于发射和接收两者,或者可以将不同的天线波束用于发射和接收。

[0095] 本文所述的具有3-D天线系统的无线设备的某些部分可以实现在IC、模拟IC、RFIC、混合信号IC、ASIC、印刷电路板(PCB)、电子设备等上。支持经由3-D天线系统发射和/或接收信号的电路系统可以用各种IC工艺技术来制造,诸如互补金属氧化物半导体(CMOS)、N沟道MOS(NMOS)、P沟道MOS(PMOS)、双极型结型晶体管(BJT)、双极型CMOS(BiCMOS)、硅锗(SiGe)、砷化镓(GaAs)、异质结双极型晶体管(HBT)、高电子迁移率晶体管(HEMT)、绝缘上覆硅(SOI)等。

[0096] 本文描述的具有3-D天线系统的装置可以是自立的设备或者可以是更大设备的一部分。设备可以是(i)自立的IC,(ii)具有可包括用于存储数据和/或指令的存储器IC的一个或多个IC的集合,(iii)RFIC,诸如RF接收机(RFR)或RF发射机/接收机(RTR),(iv)ASIC,诸如移动站调制解调器(MSM),(v)可嵌入在其他设备内的模块,(vi)接收机、蜂窝电话、无线设备、手持机、或者移动单元,(vii)其他等等。

[0097] 在一个或多个示例性设计中,所描述的功能可以在硬件、软件、固件、或其任何组合中实现。如果在软件中实现,则各功能可以作为一条或多条指令或代码存储在计算机可读介质上或藉其进行传送。计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质两者,其包括促成计算机程序从一地向另一地转移的任何介质。存储介质可以是能被计算机访问的任何可用介质。作为示例而非限定,这样的计算机可读介质可包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光盘存储、磁盘存储或其他磁存储设备、或能被用来携带或存储指令或数据结构形式的期望程序代码且能被计算机访问的任何其他介质。任何连接也被正当地称为计算机可读介质。例如,如果软件是使用同轴电缆、光纤电缆、双绞线、数字订户线(DSL)、或诸如红外、无线电、以及微波之类的无线技术从web网站、服务器、或其它远程源传送而来,则该同轴电缆、光纤电缆、双绞线、DSL、或诸如红外、无线电、以及微波之类的无线技术就被包括在介质的定义之中。如本文中所使用的,盘(disk)和碟(disc)包括压缩碟(CD)、激光碟、光碟、数字多用碟(DVD)、软盘和蓝光碟,其中盘(disk)往往以磁的方式再现数据,而碟(disc)用激光以光学方式再现数据。上述组合应被包括在计算机可读介质的范围内。

[0098] 提供对本公开的先前描述是为了使得本领域任何技术人员皆能够制作或使用本公开。对本公开的各种修改对于本领域技术人员将是显而易见的,并且本文中定义的普适原理可被应用于其他变形而不会脱离本公开的范围。由此,本公开并非旨在被限定于本文

中所描述的示例和设计,而是应被授予与本文中所公开的原理和新颖性特征相一致的最广范围。

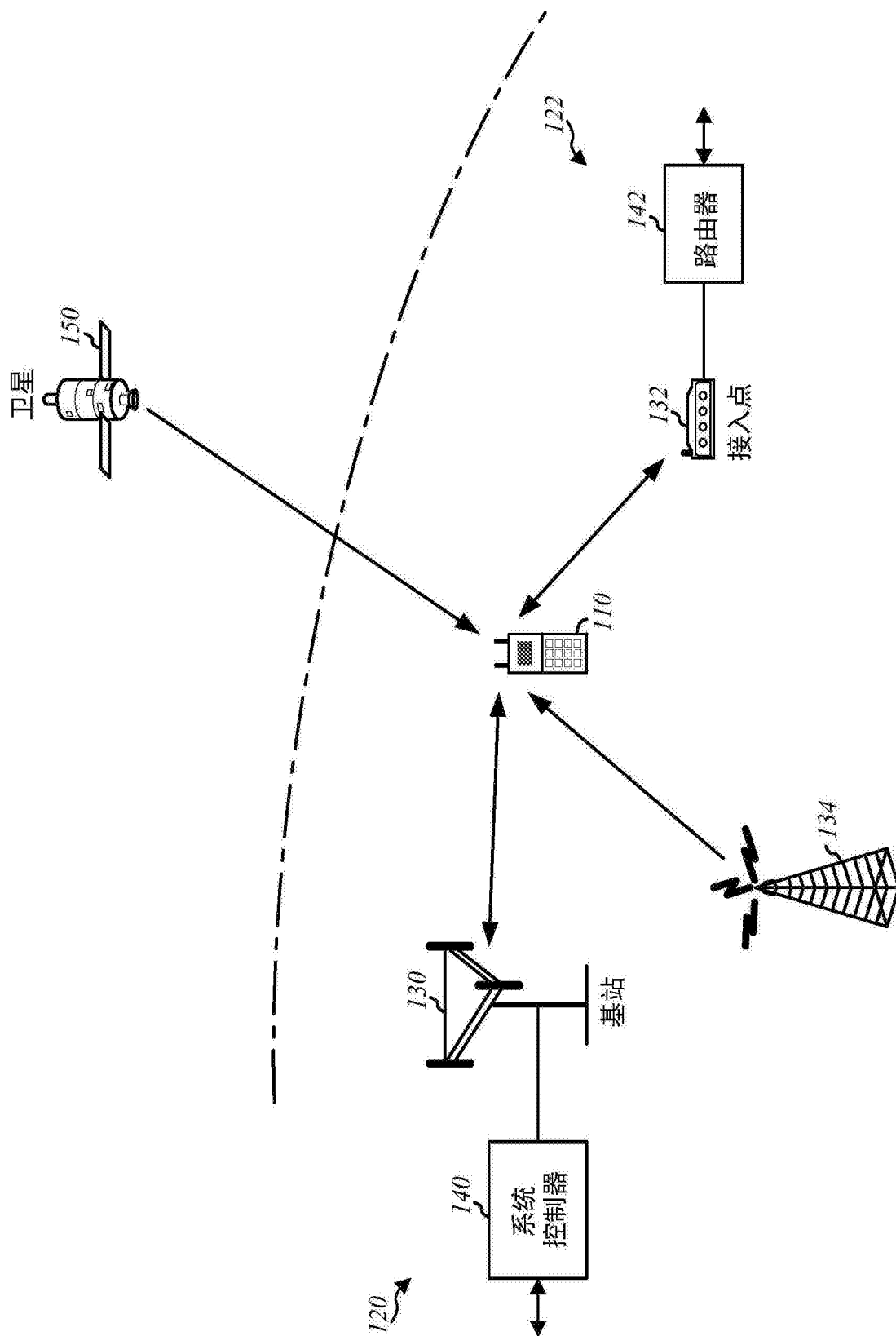


图1

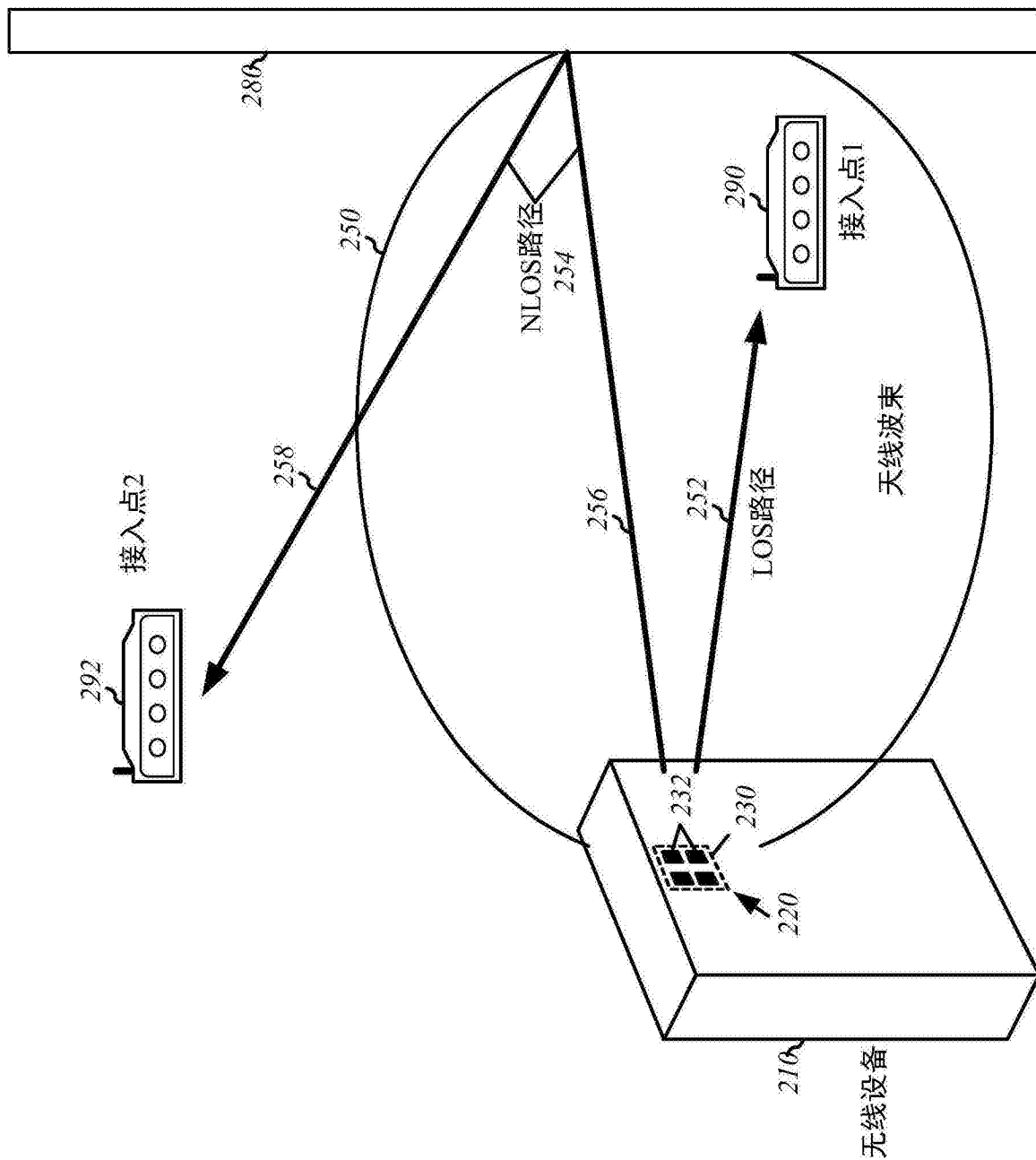


图2

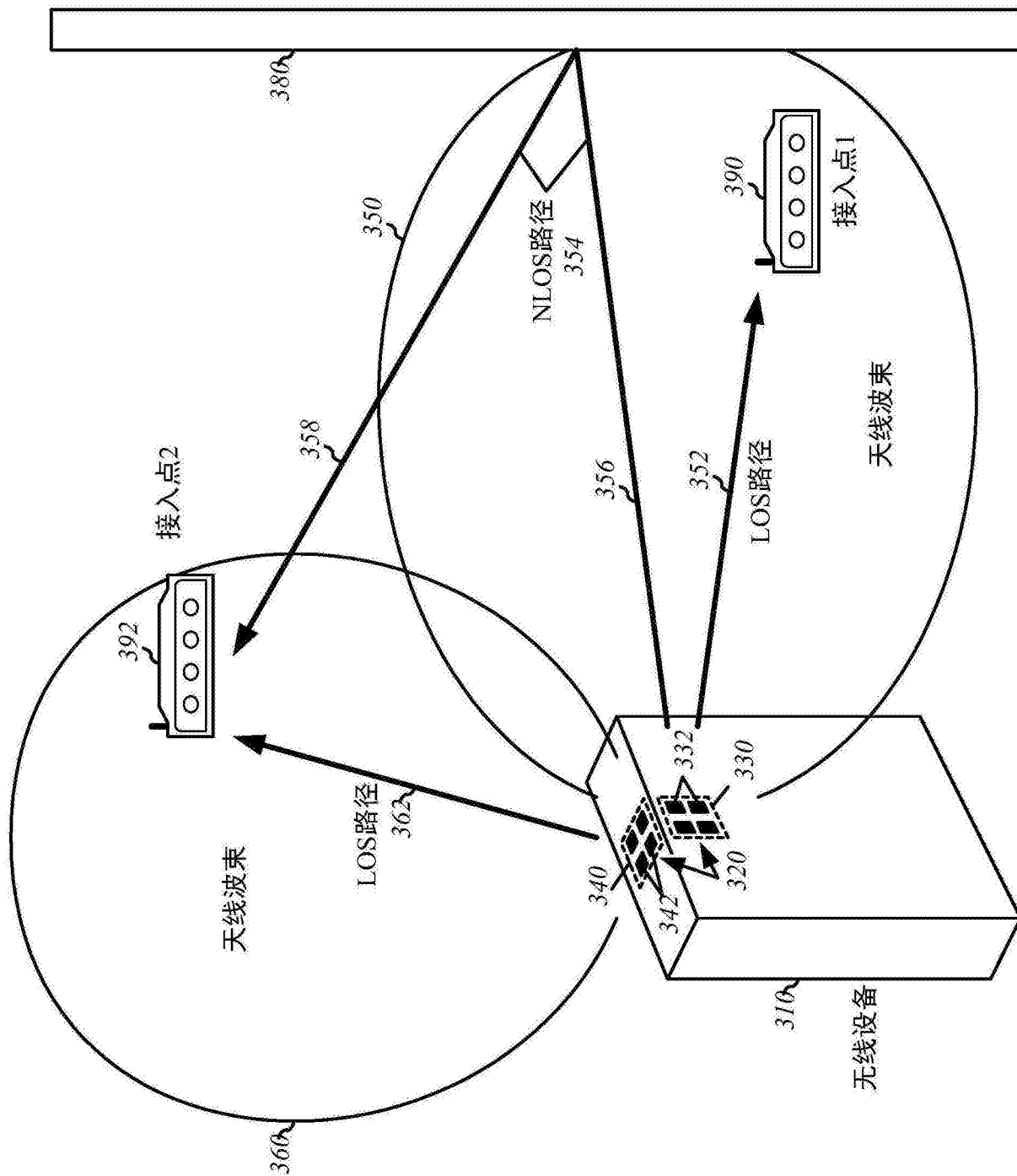


图3

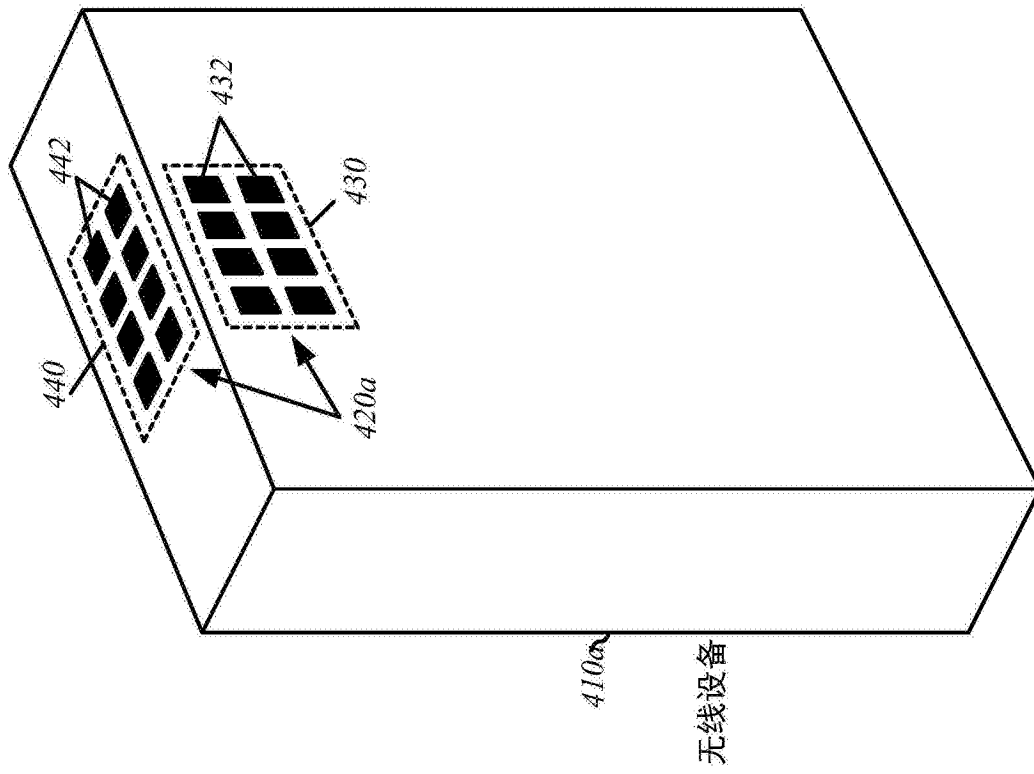


图4A

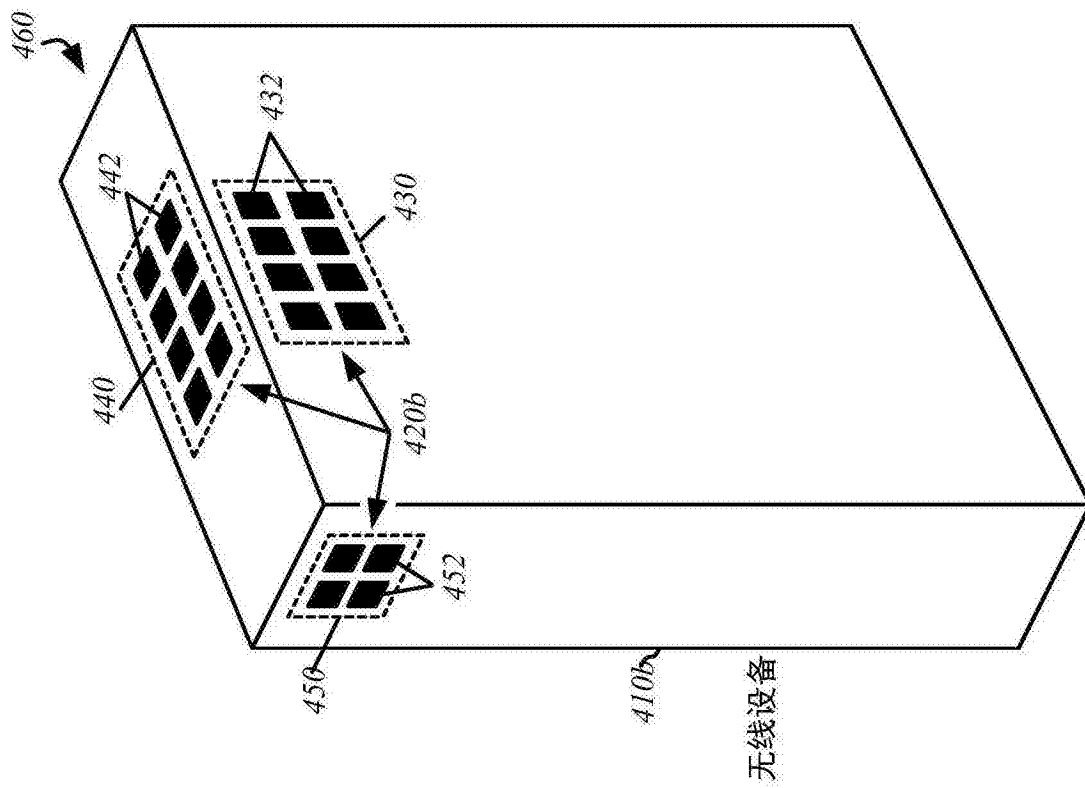


图4B

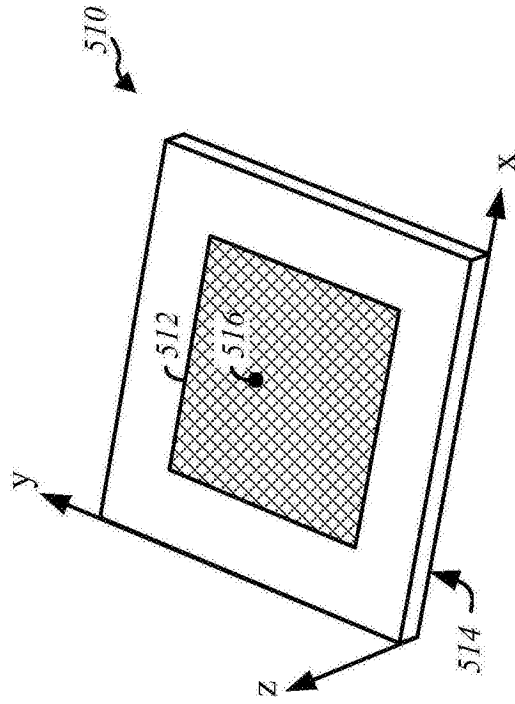


图5A

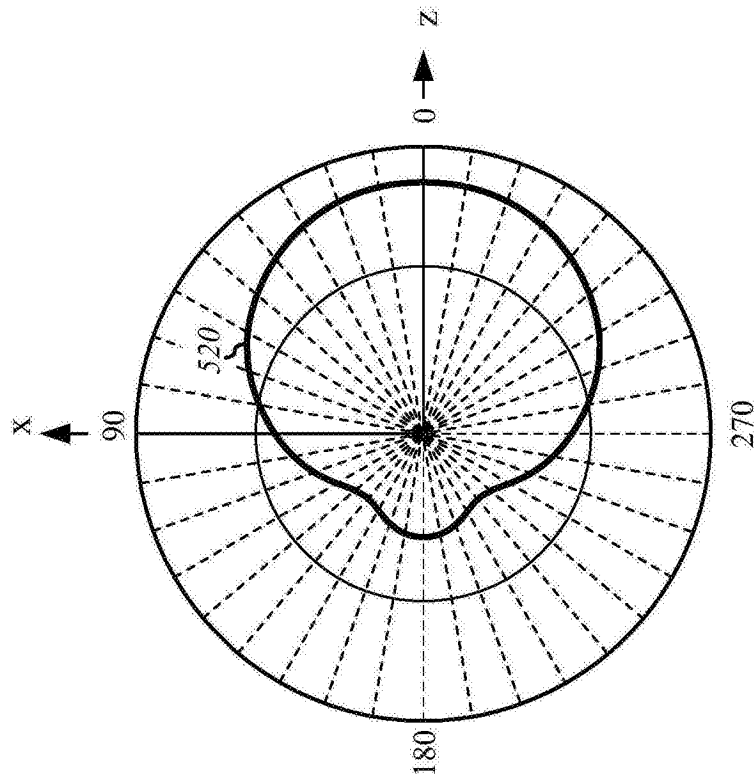


图5B

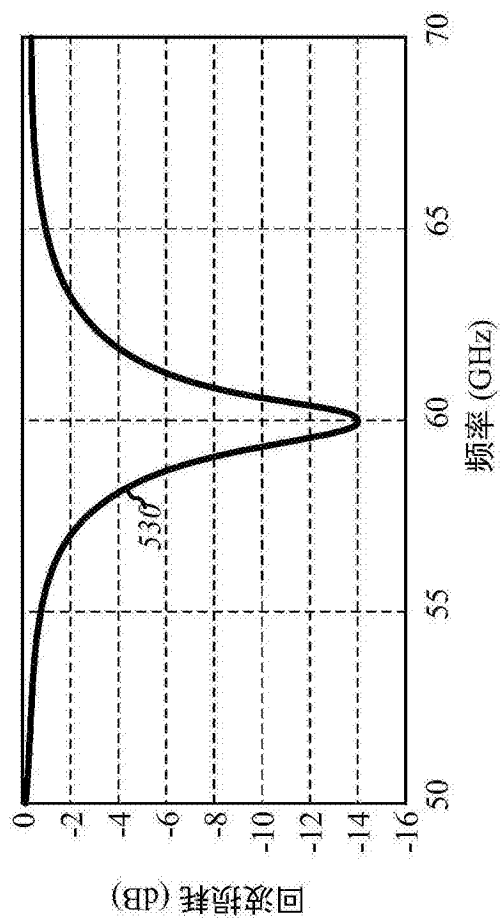


图5C

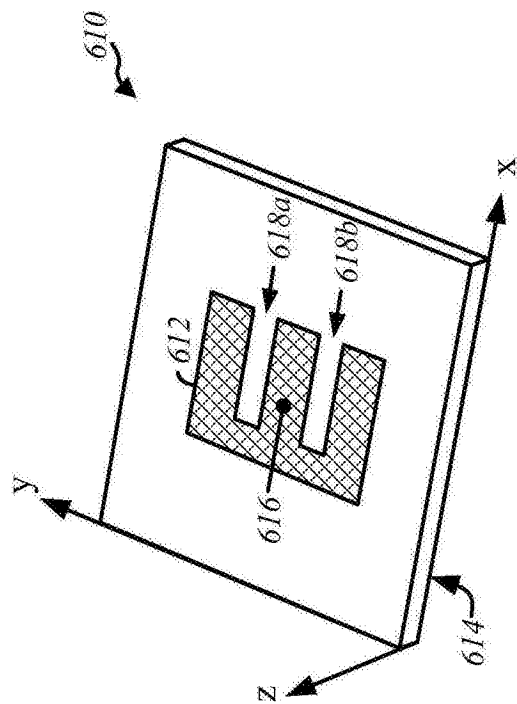


图6A

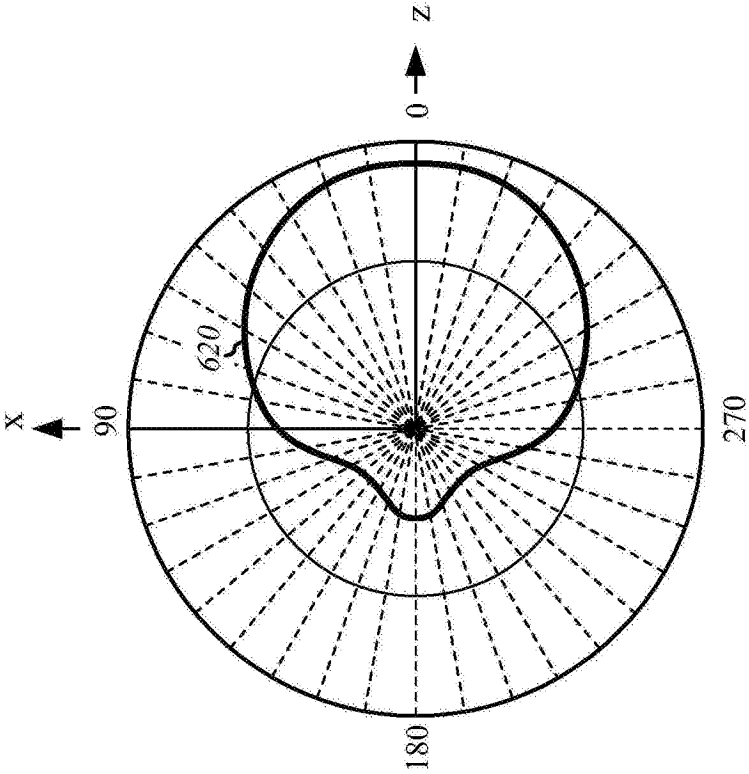


图6B

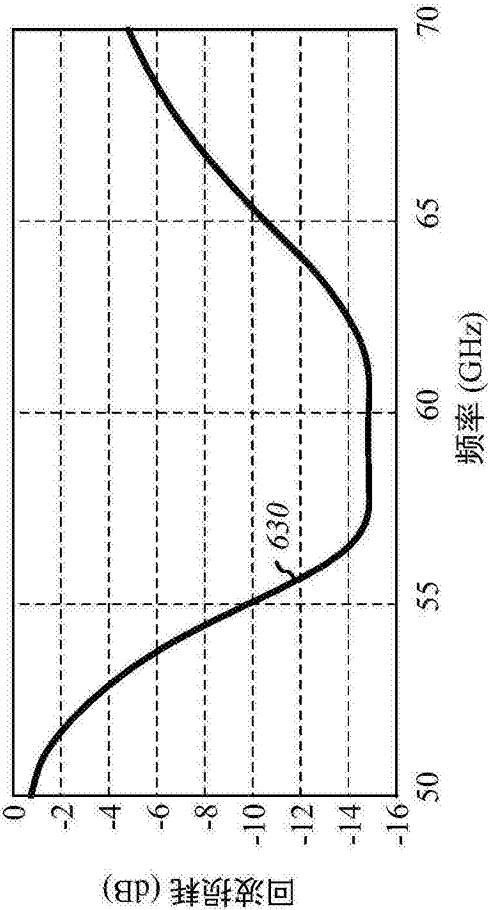


图6C

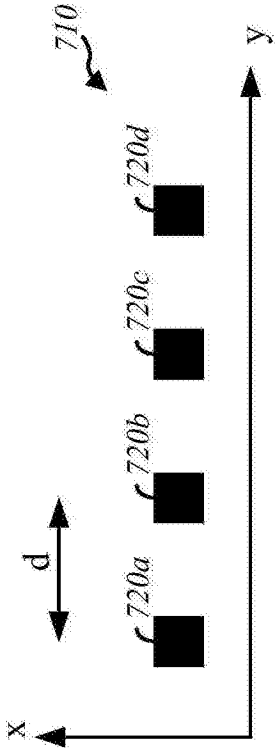


图7A

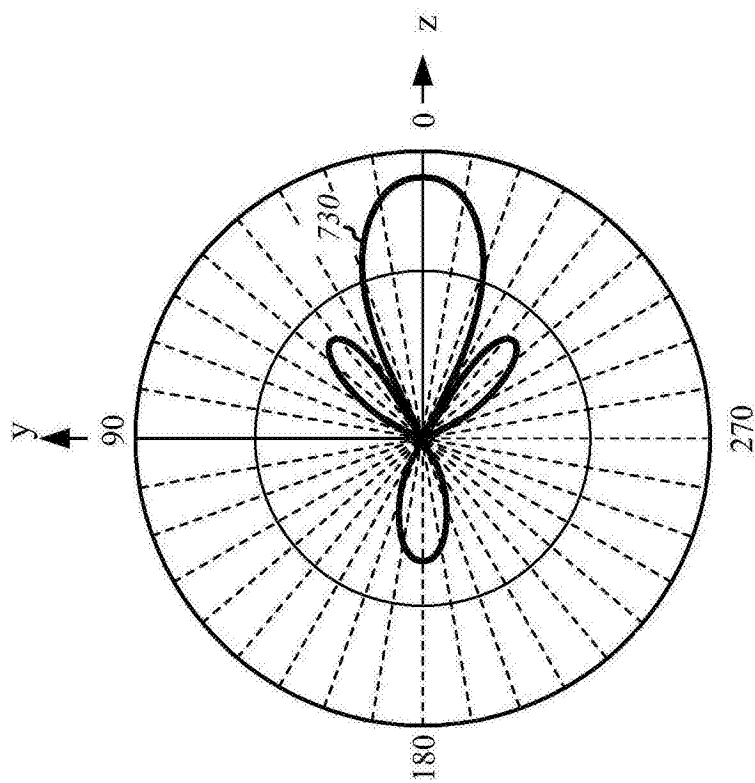


图7B

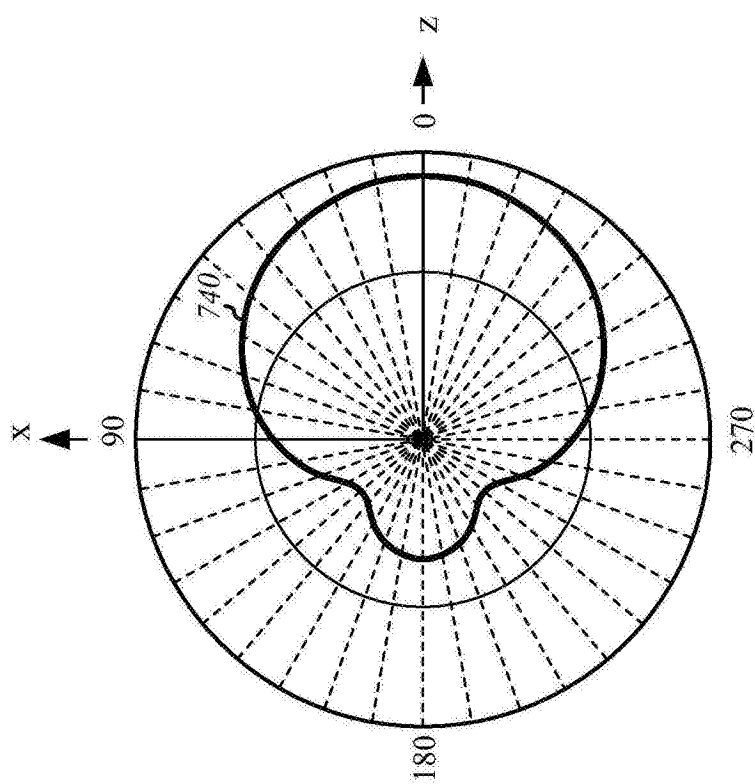


图7C

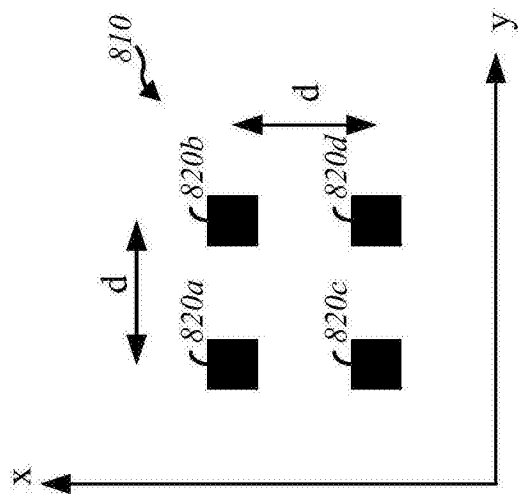


图8A

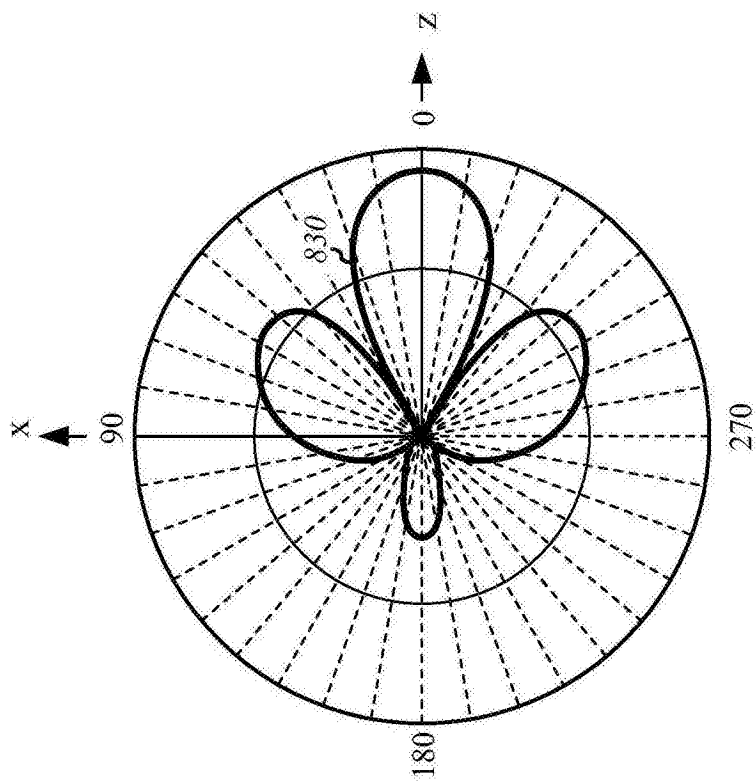


图8B

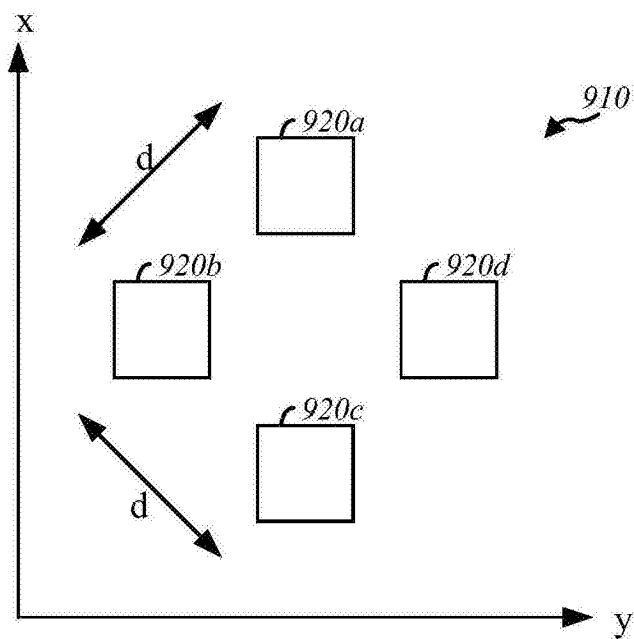


图9

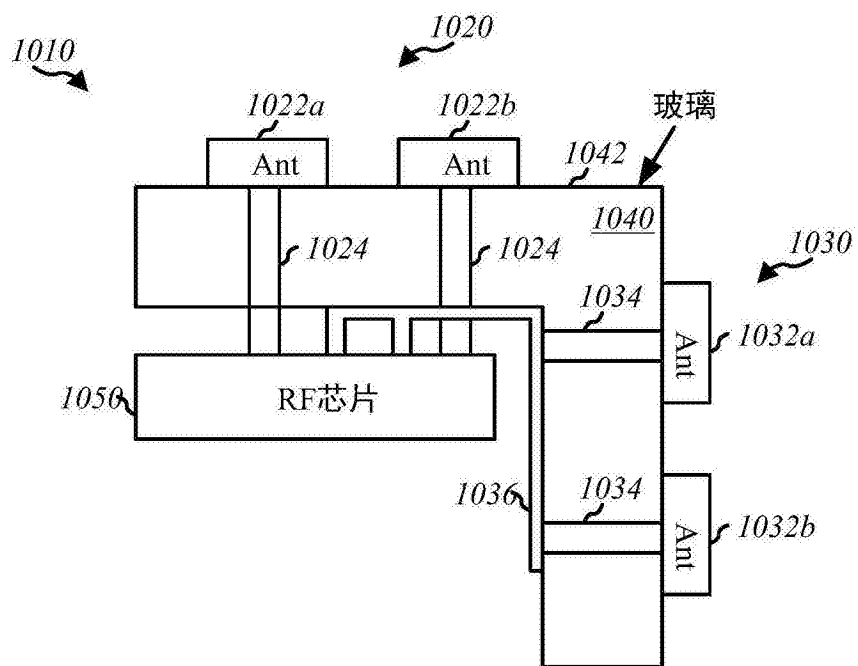


图10

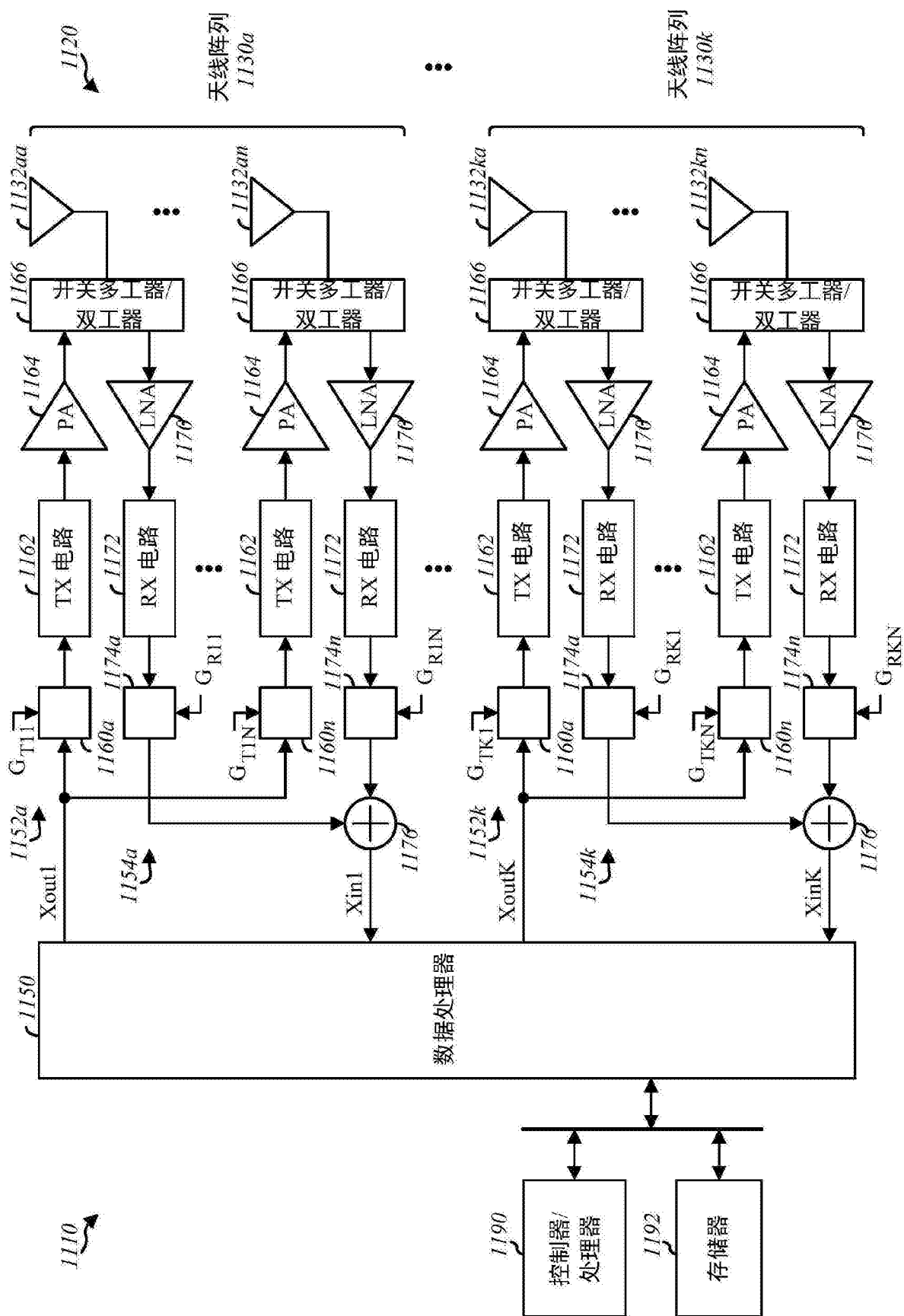


图11

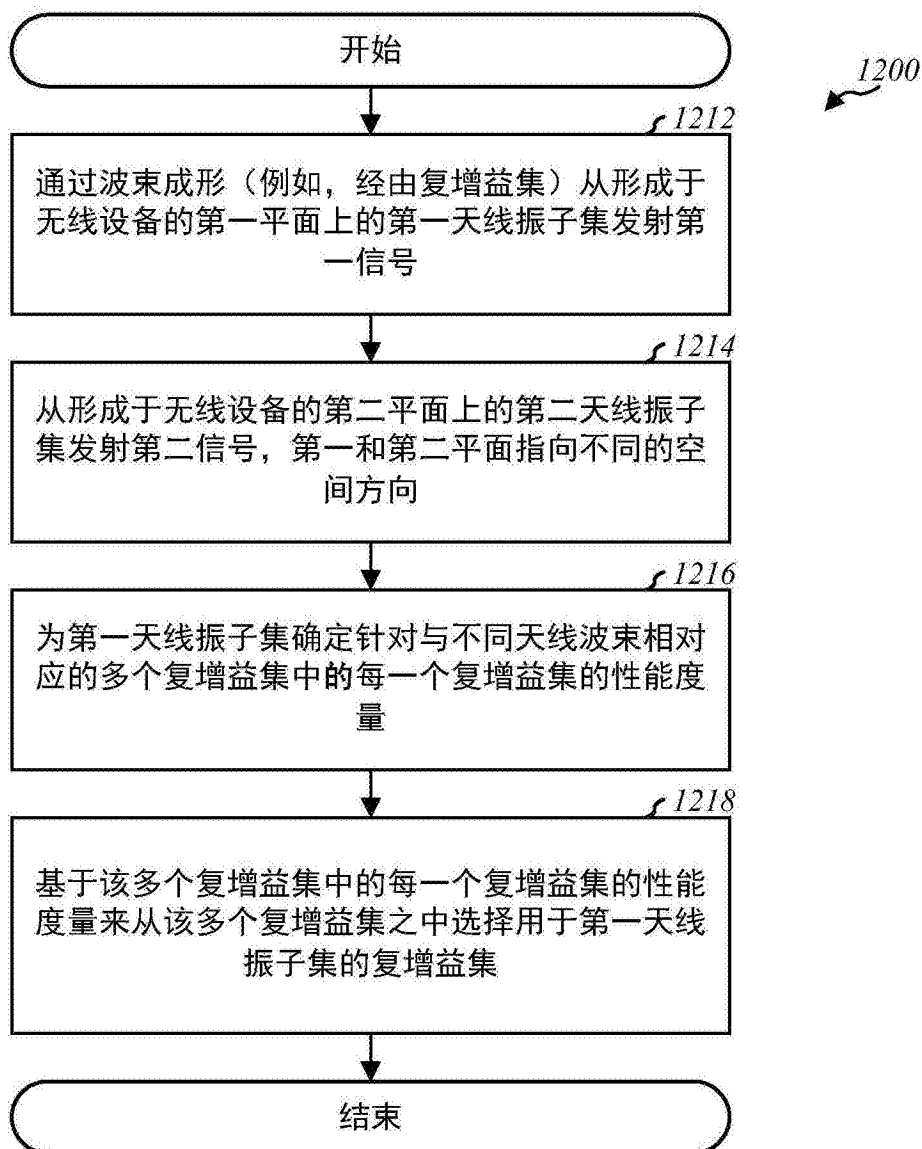


图12