



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110235384 B

(45) 授权公告日 2022.02.08

(21) 申请号 201880009000.4

(72) 发明人 D·M·Y·布鲁内尔

(22) 申请日 2018.01.05

W·J·多米诺

(65) 同一申请的已公布的文献号

(74) 专利代理机构 北京市正见永申律师事务所  
11497

申请公布号 CN 110235384 A

代理人 黄小临

(43) 申请公布日 2019.09.13

(51) Int.CI.

(30) 优先权数据

H04B 7/0408 (2006.01)

62/443,304 2017.01.06 US

H04B 7/0404 (2006.01)

62/509,530 2017.05.22 US

H04B 7/08 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2019.07.29

CN 104246530 A, 2014.12.24

(86) PCT国际申请的申请数据

WO 9925142 A2, 1999.05.20

PCT/US2018/012637 2018.01.05

US 2012249366 A1, 2012.10.04

(87) PCT国际申请的公布数据

CN 101860779 A, 2010.10.13

W02018/129355 EN 2018.07.12

CN 104067143 A, 2014.09.24

(73) 专利权人 天工方案公司

审查员 陈琼

地址 美国马萨诸塞州

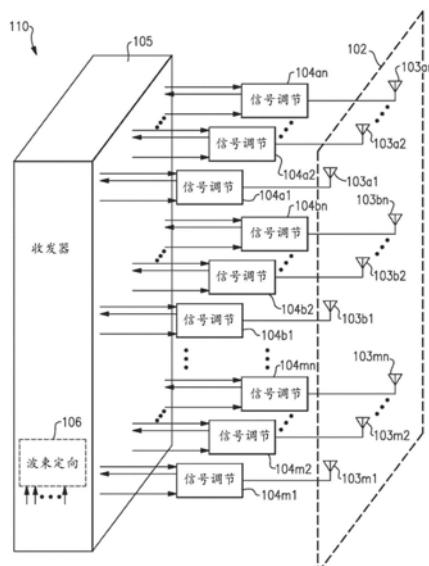
权利要求书2页 说明书28页 附图31页

(54) 发明名称

谐波的波束成形

(57) 摘要

本文提供了关于谐波的波束成形的装置和方法。在某些实施方式中，提供了一种用于在无线网络中运行的通信装置。所述通信装置包括：天线阵列，其包含多个天线元件，其响应于无线电波生成多个接收信号；多个信号调节电路，其与多个天线元件可操作地相关联，并且调节所述多个接收信号以提供接收波束的波束成形；以及波束控制电路，其控制所述多个信号调节电路，以基于所述接收波束的一个或多个谐波波瓣的方向提供所述接收波束的波束定向。



1. 一种用于蜂窝网络的射频系统,所述射频系统包括:

天线阵列,包含被配置为响应于无线电波生成多个接收信号的多个天线元件,所述多个天线元件中的每一个被配置为生成所述多个接收信号中的相应一个;

多个信号调节电路,其每一个与所述多个天线元件中相应的一个可操作地相关联,所述多个信号调节电路被配置为处理所述多个接收信号从而形成接收波束;以及

波束控制电路,被配置为控制所述多个信号调节电路,以基于所述接收波束的一个或多个谐波波瓣的方向来提供所述接收波束的波束定向。

2. 根据权利要求1所述的射频系统,其中,所述波束控制电路还被配置为基于所述一个或多个谐波波瓣的方向来对所述接收波束的基波波瓣进行解谐。

3. 根据权利要求2所述的射频系统,其中,所述一个或多个谐波波瓣包括指向与所述基波波瓣基本相同的方向并且具有比所述基波波瓣更窄的波束宽度的谐波波瓣。

4. 根据权利要求3所述的射频系统,其中,所述波束控制电路还被配置为将所述接收波束定向在所述基波波瓣的波束宽度之内但在所述一个或多个谐波波瓣的波束宽度之外。

5. 根据权利要求1所述的射频系统,其中,所述波束控制电路可操作以定期调整所述接收波束的角度。

6. 根据权利要求1所述的射频系统,其中,所述多个信号调节电路中的至少一个包括被配置为检测谐波功率大小的谐波功率检测器,所述波束控制电路还被配置为基于所述谐波功率大小提供波束定向。

7. 根据权利要求1所述的射频系统,还包括被配置为检测所述接收波束的谐波功率大小的谐波功率检测器,所述波束控制电路还被配置为基于所述谐波功率大小提供波束定向。

8. 根据权利要求1所述的射频系统,其中,所述多个信号调节电路中的每一个包括由所述波束控制电路控制的可变移相器。

9. 根据权利要求1所述的射频系统,其中,所述多个天线元件包括多个贴片天线元件、多个偶极天线元件、多个陶瓷谐振器、多个冲压金属天线、或多个激光直接成型天线中的至少一个。

10. 一种用于在蜂窝网络中使用的用户设备中实现的模块,所述模块包括:

层压基板;

天线阵列,形成在所述层压基板上并且包括被配置为响应于无线电波生成多个接收信号的多个天线元件,所述多个天线元件中的每一个被配置为生成所述多个接收信号中的相应一个;以及

半导体晶片,附接到所述层压基板,所述半导体晶片包括多个信号调节电路,其每一个与所述多个天线元件中相应的一个可操作地相关联,所述多个信号调节电路被配置为处理所述多个接收信号从而形成接收波束,所述半导体晶片还包括波束控制电路,所述波束控制电路被配置为控制所述多个信号调节电路以基于所述接收波束的一个或多个谐波波瓣的方向来提供所述接收波束的波束定向。

11. 根据权利要求10所述的模块,其中,所述波束控制电路还被配置为基于所述一个或多个谐波波瓣的方向来对所述接收波束的基波波瓣进行解谐。

12. 根据权利要求11所述的模块,其中,所述一个或多个谐波波瓣包括指向与所述基波

波瓣基本相同的方向并且具有比所述基波波瓣更窄的波束宽度的谐波波瓣。

13. 根据权利要求12所述的模块，其中，所述波束控制电路还被配置为将所述接收波束定向在所述基波波瓣的波束宽度之内但在所述一个或多个谐波波瓣的波束宽度之外。

14. 根据权利要求10所述的模块，其中，所述波束控制电路可操作以定期调整所述接收波束的角度。

15. 根据权利要求10所述的模块，其中，所述多个信号调节电路中的至少一个包括谐波功率检测器，所述谐波功率检测器被配置为检测谐波功率大小，所述波束控制电路还被配置为基于所述谐波功率大小提供波束控制。

16. 根据权利要求10所述的模块，还包括谐波功率检测器，所述谐波功率检测器被配置为检测所述接收波束的谐波功率大小，所述波束控制电路还被配置为基于所述谐波功率大小提供波束定向。

17. 根据权利要求10所述的模块，其中，所述多个信号调节电路中的每一个包括由所述波束控制电路控制的可变移相器。

18. 一种射频系统中的波束控制方法，所述方法包括：

在天线阵列的多个天线元件上接收多个接收信号，所述多个接收信号中的每一个由所述多个天线元件中的相应一个接收；

使用多个信号调节电路调节所述多个接收信号，所述多个信号调节电路中的每一个与所述多个天线元件中相应的一个可操作地相关联；

通过使用所述多个信号调节电路处理所述多个接收信号来生成接收波束；以及  
基于所述接收波束的一个或多个谐波波瓣的方向使所述接收波束定向于所选方向。

19. 根据权利要求18所述的方法，还包括基于所述一个或多个谐波波瓣的方向来对所述接收波束的基波波瓣进行解谐。

20. 根据权利要求19所述的方法，还包括将所述接收波束定向在所述基波波瓣的波束宽度之内但在所述一个或多个谐波波瓣的波束宽度之外。

## 谐波的波束成形

### 技术领域

[0001] 本发明的实施例涉及电子系统,且具体地,涉及射频(RF)电子装置。

### 背景技术

[0002] 射频(RF)通信系统可以包括收发器、前端、以及用于无线发射和/或接收信号的一个或多个天线。前端可以包括用于放大经由天线接收的相对较弱信号的低噪声放大器、以及用于增强经由天线发射的信号的功率放大器。

[0003] 射频通信系统的示例包括但不限于移动电话、平板电脑、基站、网络接入点、客户端设备(customer-premises equipment (CPE))、笔记本电脑和可穿戴电子装置。

### 发明内容

[0004] 在某些实施例中,本申请涉及一种用于蜂窝网络的射频系统。所述射频系统包括:天线阵列,包含被配置为响应于无线电波生成多个接收信号的多个天线元件,所述多个天线元件中的每一个被配置为生成所述多个接收信号中的相应一个;多个信号调节电路,其每一个与所述多个天线元件中相应的一个可操作地相关联,所述多个信号调节电路被配置为处理所述多个接收信号从而形成接收波束;以及波束控制电路,被配置为控制所述多个信号调节电路,以基于所述接收波束的一个或多个谐波波瓣的方向来提供所述接收波束的波束定向(beam steering)。

[0005] 在一些实施例中,所述波束控制电路还被配置为基于所述一个或多个谐波波瓣的方向来对所述接收波束的基波波瓣进行解谐。根据多个实施例,所述一个或多个谐波波瓣包括指向与所述基波波瓣基本相同的方向并且具有比所述基波波瓣更窄的波束宽度的谐波波瓣。根据各种实施例,所述波束控制电路还被配置为将所述接收波束定向在所述基波波瓣的波束宽度之内但在所述一个或多个谐波波瓣的波束宽度之外。

[0006] 在若干实施例中,所述波束控制电路可操作以定期调整所述接收波束的角度。

[0007] 在各种实施例中,所述多个信号调节电路中的至少一个包括被配置为检测谐波功率大小的谐波功率检测器,所述波束控制电路还被配置为基于所述谐波功率大小提供波束定向。

[0008] 在多个实施例中,所述射频系统还包括被配置为检测所述接收波束的谐波功率大小的谐波功率检测器,所述波束控制电路还被配置为基于所述谐波功率大小提供波束定向。

[0009] 在一些实施例中,所述多个信号调节电路中的每一个包括由所述波束控制电路控制的可变移相器。

[0010] 在若干实施例中,所述多个天线元件包括多个贴片天线元件、多个偶极天线元件、多个陶瓷谐振器、多个冲压金属天线、或多个激光直接成型(structuring)天线中的至少一个。

[0011] 在某些实施例中,本申请涉及一种用于实现在蜂窝网络中使用的用户设备的模

块。所述模块包括：层压基板；天线阵列，形成在所述层压基板上并且包括被配置为响应于无线电波生成多个接收信号的多个天线元件，所述多个天线元件中的每一个被配置为生成所述多个接收信号中的相应一个；以及半导体晶片，附接到所述层压基板。所述半导体晶片包括多个信号调节电路，其每一个与所述多个天线元件中相应的一个可操作地相关联，所述多个信号调节电路被配置为处理所述多个接收信号从而形成接收波束。所述半导体晶片还包括波束控制电路，被配置为控制所述多个信号调节电路以基于所述接收波束的一个或多个谐波波瓣的方向来提供所述接收波束的波束定向。

[0012] 在若干实施例中，所述波束控制电路还被配置为基于所述一个或多个谐波波瓣的方向来对所述接收波束的基波波瓣进行解谐(detune)。根据一些实施例，所述一个或多个谐波波瓣包括指向与所述基波波瓣基本相同的方向并且具有比所述基波波瓣更窄的波束宽度的谐波波瓣。根据各种实施例，所述波束控制电路还被配置为将所述接收波束定向在所述基波波瓣的波束宽度之内但在所述一个或多个谐波波瓣的波束宽度之外。

[0013] 在多个实施例中，所述波束控制电路可操作以定期调整所述接收波束的角度。

[0014] 在各种实施例中，所述多个信号调节电路中的至少一个包括谐波功率检测器，被配置为检测谐波功率大小，所述波束控制电路还被配置为基于所述谐波功率大小提供波束控制。

[0015] 在一些实施例中，所述模块还包括谐波功率检测器，被配置为检测所述接收波束的谐波功率大小，所述波束控制电路还被配置为基于所述谐波功率大小提供波束定向。

[0016] 在若干实施例中，所述多个信号调节电路中的每一个包括由所述波束控制电路控制的可变移相器。

[0017] 在某些实施例中，本申请涉及一种射频系统中的波束控制方法。所述方法包括：在天线阵列的多个天线元件上接收多个接收信号，所述多个接收信号中的每一个由所述多个天线元件中的相应一个接收；使用多个信号调节电路调节所述多个接收信号，所述多个信号调节电路中的每一个与所述多个天线元件中相应的一个可操作地相关联；通过使用所述多个信号调节电路处理所述多个接收信号来生成接收波束；以及基于所述接收波束的一个或多个谐波波瓣的方向使所述接收波束定向于所选方向。

[0018] 在若干实施例中，所述方法还包括基于所述一个或多个谐波波瓣的方向来对所述接收波束的基波波瓣进行解谐。在多个实施例中，所述方法还包括将所述接收波束定向在所述基波波瓣的波束宽度之内但在所述一个或多个谐波波瓣的波束宽度之外。

[0019] 在某些实施例中，本申请涉及一种用于辐射合規性的蜂窝通信组件的谐波测试方法。所述方法包括：在制造蜂窝通信组件之后使用相应蜂窝通信组件的天线阵列来发射信号波束，所述信号波束包括基波波瓣和一个或多个谐波波瓣；使用测试设备基于检测所述基波波瓣的方向来确定所述信号波束的一个或多个测试位置，所述一个或多个测试位置对应于与所述一个或多个谐波波瓣相关联的位置；使用所述测试设备评估所述一个或多个测试位置中的每一个测试位置处的谐波辐射水平；以及当每个测试位置处的谐波辐射水平被确定为低于预定阈值时，确定所述相应的蜂窝通信组件符合辐射测试。

[0020] 在若干实施例中，当在一个或多个测试位置处的谐波辐射水平高于所述预定阈值时，所述相应的蜂窝通信组件被确定为不符合辐射测试。

[0021] 在一些实施例中，所述方法还包括省略在远离所述一个或多个谐波波瓣的位置处

的测试。

[0022] 在各种实施例中,所述谐波测试包括杂散辐射测试。

[0023] 在多个实施例中,所述谐波测试包括检测来自相应的蜂窝通信组件的二次谐波辐射。

[0024] 在若干实施例中,所述谐波测试包括检测来自相应的蜂窝通信组件的三次谐波辐射。

[0025] 在一些实施例中,使用自动测试设备实现所述方法。

[0026] 在某些实施例中,本申请涉及一种用于辐射合规性的蜂窝通信组件的谐波测试的自动测试设备。所述自动测试设备包括:一个或多个测量天线,被配置为响应于接收从蜂窝通信组件的天线阵列发射的信号波束,生成接收信号,所述信号波束包括基波波瓣和一个或多个谐波波瓣;信号分析器,被配置为分析所述接收信号以检测所述基波波瓣的方向;以及测试位置确定系统,被配置为基于所述基波波瓣的被检测的方向来确定所述信号波束的一个或多个测试位置,所述一个或多个测试位置对应于与所述一个或多个谐波波瓣相关联的位置。所述测试位置确定系统进一步配置为控制所述自动测试设备以评估在所述一个或多个测试位置中的每一个处的谐波辐射水平。

[0027] 在多个实施例中,所述自动测试设备还被配置为比较所述一个或多个测试位置中的每一个处的所述谐波辐射水平与预定阈值。

[0028] 在一些实施例中,所述自动测试设备还包括搬运器(handler),被配置为移动所述蜂窝通信组件。

[0029] 在若干实施例中,所述自动测试设备还包括被配置为接纳所述蜂窝通信组件的平台,所述平台被配置为是相对于所述一个或多个测量天线可移动或可旋转中的至少一个。

[0030] 在各种实施例中,所述一个或多个测量天线被实现为相对于所述蜂窝通信组件可移动或可旋转中的至少一个。

[0031] 在多个实施例中,所述测试位置确定系统还被配置为省略在远离所述一个或多个谐波波瓣的位置处的测试。

[0032] 在某些实施例中,本申请涉及一种使用自动测试设备对蜂窝通信组件进行谐波测试的方法。所述方法包括:响应于从蜂窝通信组件的天线阵列接收信号波束,使用所述自动测试设备的一个或多个测量天线来生成接收信号,所述信号波束包括基波波瓣和一个或多个谐波波瓣;使用所述自动测试设备的信号分析器分析所述接收信号以检测所述基波波瓣的方向;基于所述基波波瓣的所述检测的方向,使用所述自动测试设备的测试位置确定系统确定所述信号波束的一个或多个测试位置,所述一个或多个测试位置对应于与所述一个或多个谐波波瓣相关联的位置;以及使用所述自动测试设备评估所述一个或多个测试位置中的每一个的谐波辐射水平。

[0033] 在若干实施例中,所述方法还包括比较所述一个或多个测试位置中的每一个处的所述谐波辐射水平与预定阈值。

[0034] 在多个实施例中,所述方法还包括使用所述自动测试设备的搬运器将所述蜂窝通信组件移动到测试平台上。

[0035] 在各种实施例中,所述方法还包括移动或旋转所述测试平台这两者中的至少一个,以控制所述蜂窝通信组件与所述一个或多个测量天线之间的相对位置。

[0036] 在若干实施例中,所述方法还包括移动或旋转所述一个或多个测量天线这两者中的至少一个,以控制所述蜂窝通信组件与所述一个或多个测量天线之间的相对位置。

[0037] 在一些实施例中,所述方法还包括省略在远离所述一个或多个谐波波瓣的位置处的测试。

[0038] 在多个实施例中,评估所述谐波辐射的水平包括评估所述蜂窝通信组件的二次谐波辐射或三次谐波辐射中的至少一个。

[0039] 在某些实施例中,提供了一种用于无线网络的通信装置。所述通信装置包括:天线阵列,包含多个天线元件;多个信号调节电路,与多个天线元件可操作地相关联;以及波束控制电路,被配置为控制多个信号调节电路,以便动态地管理由天线阵列形成的波束,所述波束控制电路可操作以基于与所述波束的一个或多个谐波波瓣相关的至少一个考虑因素来控制所述波束的方向。

[0040] 在若干实施例中,所述波束控制电路可操作以基于所述一个或多个谐波波瓣相对于所述无线网络的至少一个其他通信装置的位置来控制所述波束的所述方向。

[0041] 在多个实施例中,所述一个或多个谐波波瓣包括一次谐波波瓣,所述一次谐波波瓣指向与所述波束的基波波瓣基本相同的方向,所述一次谐波波瓣具有比所述基波波瓣更窄的波束宽度。根据各种实施例,所述波束控制电路可操作以使所述波束的方向定向,使得所述无线网络的另一通信装置在所述基波波瓣的波束宽度之内但在所述一次谐波波瓣的波束宽度之外。

[0042] 在一些实施例中,所述波束控制电路还可操作以控制所述波束的强度。

[0043] 在各种实施例中,所述多个信号调节电路中的每一个包括与功率放大器级联的可变移相器。

[0044] 在多个实施例中,所述多个天线元件包括多个贴片天线元件。

[0045] 在若干实施例中,所述波束控制电路可操作以定期更新所述波束的方向。

[0046] 在各种实施例中,所述波束控制电路接收一个或多个输入,所述一个或多个输入指示所述天线阵列的通信链路或所述通信装置的运行环境两者中的至少一个。根据一些实施例,所述一个或多个输入包括所述无线网络中的至少一个其他通信装置的地理定位的指示符。根据若干实施例,所述一个或多个输入包括所述通信链路的实现的数据速率。根据多个实施例,所述一个或多个输入包括通信链路的观察到的错误率。根据一些实施例,所述一个或多个输入包括接收信号强度指示符。根据若干实施例,所述一个或多个输入包括阻断器(blocker)信号电平的指示符。

[0047] 在多个实施例中,所述一个或多个谐波波瓣包括二次谐波波瓣。

[0048] 在若干实施例中,所述一个或多个谐波波瓣包括三次谐波波瓣。

[0049] 在某些实施例中,本申请涉及一种用于无线网络的通信装置的模块。该模块包括:层压板;天线阵列,形成在所述层压板的第一表面上并包含多个天线元件;以及一个或多个半导体晶片,位于所述层压板的与所述第一表面相反的第二表面上;所述一个或多个半导体晶片包含可操作地与所述多个天线元件相关联的多个信号调节电路以及被配置为控制所述多个信号调节电路以动态地管理由所述天线阵列形成的波束的波束控制电路。所述波束控制电路可操作以基于与所述波束的一个或多个谐波波瓣相关的至少一个考虑因素来控制所述波束的方向。

[0050] 在各种实施例中，所述波束控制电路可操作以基于所述一个或多个谐波波瓣相对于所述无线网络的至少一个其他通信装置的位置来控制所述波束的方向。

[0051] 在若干实施例中，所述一个或多个谐波波瓣包括一次谐波波瓣，其指向与所述波束的基波波瓣基本相同的方向，所述一次谐波波瓣具有比所述基波波瓣更窄的波束宽度。根据多个实施例，所述波束控制电路可操作以使所述波束的方向定向，使得所述无线网络的另一通信装置在所述基波波瓣的波束宽度之内但在所述一次谐波波瓣的波束宽度之外。

[0052] 在各种实施例中，所述波束控制电路还可操作以控制所述波束的强度。

[0053] 在一些实施例中，所述多个信号调节电路中的每一个包括与功率放大器级联的可变移相器。

[0054] 在若干实施例中，所述多个天线元件包括多个贴片天线元件。

[0055] 在多个实施例中，所述波束控制电路可操作以定期更新所述波束的方向。

[0056] 在各种实施例中，所述波束控制电路接收一个或多个输入，所述一个或多个输入指示所述天线阵列的通信链路或所述通信装置的运行环境两者中的至少一个。根据一些实施例，所述一个或多个输入包括所述无线网络中的至少一个其他通信装置的地理定位的指示符。根据若干实施例，所述一个或多个输入包括所述通信链路的实现的数据速率。根据多个实施例，所述一个或多个输入包括所述通信链路的观察到的错误率。根据一些实施例，所述一个或多个输入包括接收信号强度指示符。根据若干实施例，所述一个或多个输入包括阻断器信号电平的指示符。

[0057] 在一些实施例中，所述一个或多个谐波波瓣包括二次谐波波瓣。

[0058] 在若干实施例中，所述一个或多个谐波波瓣包括三次谐波波瓣。

[0059] 在某些实施例中，本申请涉及一种无线网络的通信装置中的动态波束控制的方法。该方法包括：使用多个信号调节电路调节多个发射信号；通过使用天线阵列的多个天线元件对多个发射信号进行波束成形来生成波束；以及基于与所述波束的一个或多个谐波波瓣相关的至少一个考虑因素，使用波束控制电路来动态控制所述波束的方向。

[0060] 在各种实施例中，动态地控制所述波束的所述方向包括基于所述一个或多个谐波波瓣相对于所述无线网络的至少一个其他通信装置的位置，使所述波束的所述方向定向。

[0061] 在若干实施例中，所述一个或多个谐波波瓣包括一次谐波波瓣，其指向与所述波束的基波波瓣基本相同的方向，所述一次谐波波瓣具有比所述基波波瓣更窄的波束宽度。根据各种实施例，动态地控制波束的方向包括使所述波束定向，使得所述无线网络的另一通信装置在所述基波波瓣的波束宽度之内但在所述一次谐波波瓣的波束宽度之外。

[0062] 在多个实施例中，所述方法还包括使用所述波束控制电路控制所述波束的强度。

[0063] 在若干实施例中，所述方法还包括使用所述波束控制电路定期更新所述波束的所述方向。

[0064] 在各种实施例中，所述方法还包括将一个或多个输入接收到所述波束控制电路，所述一个或多个输入指示所述天线阵列的通信链路或所述通信装置的运行环境两者中的至少一个。根据一些实施例，所述一个或多个输入包括所述无线网络中的至少一个其他通信装置的地理定位的指示符。根据若干实施例，所述一个或多个输入包括所述通信链路的实现的数据速率。根据多个实施例，所述一个或多个输入包括所述通信链路的观察到的错误率。根据一些实施例，所述一个或多个输入包括接收信号强度指示符。根据若干实施例，

所述一个或多个输入包括阻断信号电平的指示符。

[0065] 在多个实施例中,所述一个或多个谐波波瓣包括二次谐波波瓣。

[0066] 在若干实施例中,所述一个或多个谐波波瓣包括三次谐波波瓣。

[0067] 在某些实施例中,本申请涉及一种用于无线网络的通信装置。所述通信装置包括:一个或多个天线,被配置为通过通信链路从无线网络的另一个通信装置接收信号波束,所述信号波束包含通过波束成形生成的基波波束和一个或多个谐波波束;以及接收器,被配置为处理所述基波波束以通过所述通信链路接收数据,所述接收器还可操作以基于指向与所述基波波束基本相同方向的至少一个谐波波束来评估所述通信链路的一个或多个特性。

[0068] 在某些实施例中,本申请涉及一种谐波测试方法。所述方法包括:使用通信装置的天线阵列对信号波束进行波束成形;基于所述信号波束的基波波瓣的方向来确定所述信号波束的一个或多个谐波波瓣的位置;以及基于所述确定在一个或多个测试位置处执行谐波测试。

[0069] 在一些实施例中,所述方法还包括省略在远离所述一个或多个谐波波瓣的位置处的测试。

[0070] 在多个实施例中,所述谐波测试包括杂散辐射测试。

[0071] 在若干实施例中,所述谐波测试包括检测来自所述通信装置的二次谐波辐射。

[0072] 在各种实施例中,所述谐波测试包括检测来自所述通信装置的三次谐波辐射。

[0073] 在一些实施例中,使用自动测试设备实现所述方法。

[0074] 在某些实施例中,本申请涉及一种用于在无线网络中作为用户设备来运行的通信装置。所述通信装置包括:天线阵列,包含被配置为响应于无线电波产生多个接收信号的多个天线元件;多个信号调节电路,与所述多个天线元件可操作地相关联,并被配置为调节所述多个接收信号以提供接收波束的波束成形;以及波束控制电路,被配置为控制所述多个信号调节电路,以基于所述接收波束的一个或多个谐波波瓣的方向来提供所述接收波束的波束定向。

[0075] 在各种实施例中,所述波束控制电路还被配置为基于所述一个或多个谐波波瓣的方向来对所述接收波束的基波波瓣进行解调。根据若干实施例,所述一个或多个谐波波瓣包括指向与所述基波波瓣基本相同的方向并且具有比所述基波波瓣更窄的波束宽度的谐波波瓣。根据一些实施例,所述波束控制电路还被配置为使所述接收波束定向,使得所述无线网络的另一通信装置在所述基波波瓣的波束宽度之内但在所述谐波波瓣的波束宽度之外。

[0076] 在多个实施例中,所述波束控制电路可操作以基于所述一个或多个谐波波瓣相对于所述无线网络的至少一个其他通信装置的位置来控制所述波束的所述方向。

[0077] 在若干实施例中,所述波束控制电路可操作以定期调整所述接收波束的角度。

[0078] 在各种实施例中,所述波束控制电路还基于一个或多个输入信号来控制波束定向,所述一个或多个输入信号指示所述天线阵列的通信链路或所述通信装置的运行环境两者中的至少一个。根据多个实施例,所述一个或多个输入包括所述无线网络中的至少一个其他通信装置的地理定位的指示符。根据一些实施例,所述一个或多个输入包括所述通信链路的实现的数据速率。根据若干实施例,所述一个或多个输入包括所述通信链路的观察到的错误率。根据多个实施例,所述一个或多个输入包括接收信号强度指示符。根据一些实

施例，所述一个或多个输入包括阻断器信号电平的指示符。

[0079] 在一些实施例中，所述一个或多个谐波波瓣包括二次谐波波瓣。

[0080] 在若干实施例中，所述一个或多个谐波波瓣包括三次谐波波瓣。

[0081] 在多个实施例中，所述多个信号调节电路中的每一个包括由所述波束控制电路控制的可变移相器。

[0082] 在各种实施例中，所述天线阵列被实现为线性阵列。

[0083] 在一些实施例中，所述天线阵列被实现为多维阵列。

[0084] 在若干实施例中，所述无线电波具有至少10GHz的频率。根据各种实施例，无线电波具有至少24GHz的频率。

[0085] 在多个实施例中，所述多个天线元件包括多个贴片天线元件、多个偶极天线元件、多个陶瓷谐振器、多个冲压金属天线、或多个激光直接成型天线。

[0086] 在某些实施例中，本申请涉及一种用于无线网络的通信装置的模块。所述模块包括：层压基板；天线阵列，形成在所述层压基板的第一表面上并且包括被配置为响应于无线电波生成多个接收信号的多个天线元件；以及一个或多个半导体晶片，附接到所述层压基板。所述一个或多个半导体晶片包括：多个信号调节电路，与多个天线元件可操作地相关联，并被配置为调节所述多个接收信号以提供接收波束的波束成形；以及波束控制电路，被配置为控制所述多个信号调节电路，以基于所述接收波束的一个或多个谐波波瓣的方向来提供所述接收波束的波束定向。

[0087] 在若干实施例中，所述一个或多个半导体晶片包括在所述层压基板的与所述第一表面相反的第二表面上的至少一个晶片。

[0088] 在多个实施例中，所述一个或多个半导体晶片包括所述层压基板内部的至少一个晶片。

[0089] 在各种实施例中，所述波束控制电路还被配置为基于所述一个或多个谐波波瓣的方向来对所述接收波束的基波波瓣进行解谐。根据一些实施例，所述一个或多个谐波波瓣包括指向与所述基波波瓣基本相同的方向并且具有比所述基波波瓣更窄的波束宽度的谐波波瓣。根据若干实施例，所述波束控制电路还被配置为使所述接收波束定向，使得所述无线网络的另一通信装置在所述基波波瓣的波束宽度之内但在所述谐波波瓣的波束宽度之外。

[0090] 在若干实施例中，所述波束控制电路可操作以定期调整所述接收波束的角度。

[0091] 在一些实施例中，所述波束控制电路还基于一个或多个输入信号来控制波束定向，所述一个或多个输入信号指示所述天线阵列的通信链路或所述通信装置的运行环境两者中的至少一个。根据多个实施例，所述一个或多个输入包括所述无线网络中的至少一个其他通信装置的地理定位的指示符。根据若干实施例，所述一个或多个输入包括所述通信链路的实现的数据速率。根据各种实施例，所述一个或多个输入包括所述通信链路的观察到的错误率。根据多个实施例，所述一个或多个输入包括接收信号强度指示符。根据若干实施例，所述一个或多个输入包括阻断器信号电平的指示符。

[0092] 在若干实施例中，所述一个或多个谐波波瓣包括二次谐波波瓣。

[0093] 在多个实施例中，所述一个或多个谐波波瓣包括三次谐波波瓣。

[0094] 在各种实施例中，所述多个信号调节电路中的每一个包括由所述波束控制电路控

制的可变移相器。

[0095] 在一些实施例中，所述天线阵列被实现为线性阵列。

[0096] 在多个实施例中，所述天线阵列被实现为多维阵列。

[0097] 在若干实施例中，所述无线电波具有至少10GHz的频率。根据各种实施例，所述无线电波具有至少24GHz的频率。

[0098] 在一些实施例中，所述多个天线元件包括多个贴片天线元件、多个偶极天线元件、多个陶瓷谐振器、多个冲压金属天线、或多个激光直接成型天线。

[0099] 在某些实施例中，本申请涉及一种用于无线网络的基站。所述基站包括：天线阵列，包含被配置为响应于无线电波产生多个接收信号的多个天线元件；多个信号调节电路，与多个天线元件可操作地相关联，并被配置为调节所述多个接收信号以提供接收波束的波束成形；以及波束控制电路，被配置为控制所述多个信号调节电路，以基于所述接收波束的一个或多个谐波波瓣的方向来提供接收波束的波束定向。

[0100] 在各种实施例中，所述波束控制电路还被配置为基于所述一个或多个谐波波瓣的方向来对所述接收波束的基波波瓣进行解谐。根据若干实施例，所述一个或多个谐波波瓣包括指向与所述基波波瓣基本相同的方向并且具有比所述基波波瓣更窄的波束宽度的谐波波瓣。

[0101] 在若干实施例中，所述波束控制电路可操作以定期调整所述接收波束的角度。

[0102] 在各种实施例中，所述波束控制电路还基于一个或多个输入信号来控制波束定向，所述一个或多个输入信号指示所述天线阵列的通信链路或所述基站的运行环境两者中的至少一个。根据多个实施例，所述一个或多个输入包括所述无线网络中的至少一个通信装置的地理定位的指示符。根据一些实施例，所述一个或多个输入包括所述通信链路的实现的数据速率。根据若干实施例，所述一个或多个输入包括所述通信链路的观察到的错误率。根据多个实施例，所述一个或多个输入包括接收信号强度指示符。根据一些实施例，所述一个或多个输入包括阻断器信号电平的指示符。

[0103] 在一些实施例中，所述一个或多个谐波波瓣包括二次谐波波瓣。

[0104] 在若干实施例中，所述一个或多个谐波波瓣包括三次谐波波瓣。

[0105] 在多个实施例中，所述多个信号调节电路中的每一个包括由所述波束控制电路控制的可变移相器。

[0106] 在各种实施例中，所述天线阵列被实现为线性阵列。

[0107] 在一些实施例中，所述天线阵列被实现为多维阵列。

[0108] 在若干实施例中，所述无线电波具有至少10GHz的频率。根据各种实施例，无线电波具有至少24GHz的频率。

[0109] 在多个实施例中，所述多个天线元件包括多个贴片天线元件、多个偶极天线元件、多个陶瓷谐振器、多个冲压金属天线、或多个激光直接成型天线。

[0110] 在一些实施例中，所述无线电波具有小于6GHz的频率。

## 附图说明

[0111] 现在，将参照附图，通过非限制性示例的方式来描述本申请的实施例。

[0112] 图1是通信网络的一个示例的示意图。

- [0113] 图2是具有波束定向的射频(RF)系统的一个实施例的示意图。
- [0114] 图3A是用于提供发射波束的波束成形的一个示例的示意图。
- [0115] 图3B是用于提供接收波束的波束成形的一个示例的示意图。
- [0116] 图3C是用于提供发射波束的波束成形的另一示例的示意图。
- [0117] 图3D是用于提供接收波束的波束成形的另一示例的示意图。
- [0118] 图3E是波束成形的另一示例的示意图。
- [0119] 图4是基站和用户设备之间的波束成形的一个示例的示意图。
- [0120] 图5是用户设备和基站之间的基波波束成形的一个示例的示意图。
- [0121] 图6A是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0122] 图6B是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0123] 图6C是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0124] 图7A是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0125] 图7B是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0126] 图7C是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0127] 图8A是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0128] 图8B是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0129] 图8C是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0130] 图9A是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0131] 图9B是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0132] 图9C是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0133] 图10A是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0134] 图10B是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0135] 图10C是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0136] 图11A是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三

维图。

- [0137] 图11B是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0138] 图11C是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0139] 图12A是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0140] 图12B是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0141] 图12C是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0142] 图13A是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0143] 图13B是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0144] 图13C是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0145] 图14A是使用 $8 \times 8$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0146] 图14B是使用 $1 \times 8$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0147] 图15A是使用 $8 \times 8$ 天线阵列在 $75^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0148] 图15B是使用 $1 \times 8$ 天线阵列在 $75^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0149] 图16A是使用 $8 \times 8$ 天线阵列在 $75^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0150] 图16B是使用 $1 \times 8$ 天线阵列在 $75^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0151] 图17A是具有波束定向的RF系统的另一实施例的示意图。
- [0152] 图17B是具有波束定向的RF系统的另一实施例的示意图。
- [0153] 图17C是具有波束定向的RF系统的另一实施例的示意图。
- [0154] 图18是具有基于谐波波束成形的测试位置确定的测试设备的一个实施例的示意图。
- [0155] 图19是具有基于谐波波束成形的测试位置确定的测试设备的另一实施例的示意图。
- [0156] 图20是根据一个实施例的辐射测试方法的示意图。
- [0157] 图21是模块的一个实施例的平面图。
- [0158] 图22A是模块的另一个实施例的立体图。

[0159] 图22B是沿线22B-22B截取的图22A的模块的截面图。

[0160] 图23是移动装置的一个实施例的示意图。

## 具体实施方式

[0161] 某些实施例的以下详细描述呈现了具体实施例的各种描述。然而，本文所描述的创新可以以例如如权利要求所限定和涵盖的、大量不同的方式来实施。在本说明书中参考了附图，其中相同的附图标记可以表示相同或功能类似的元素。可以理解的是，附图所示的要素不一定按比例绘制。此外，可以理解的是，某些实施例可包括比附图所示的要素更多的要素和/或附图所示的要素的子集。此外，一些实施例可合并来自两个或更多附图的特征的任何合适组合。

[0162] 国际电信联盟 (ITU) 是联合国 (UN) 的一个专门机构，负责处理有关信息和通信技术的全球问题，包括无线电频谱的共享全球使用。

[0163] 第三代合作伙伴计划 (3GPP) 是世界各地电信标准组织团体、诸如无线电工业和商业协会 (ARIB)、电信技术委员会 (TTC)、中国通信标准化协会 (CCSA)、电信行业解决方案联盟 (ATIS)、电信技术协会 (TTA)、欧洲电信标准协会 (ETSI)、和印度电信标准发展协会 (TSDSI) 等之间的协作。

[0164] 在ITU的范围内，3GPP开发和维护包括例如第二代 (2G) 技术(例如，全球移动通信系统 (GSM) 和增强型数据速率GSM演进技术 (EDGE))、第三代 (3G) 技术(例如，通用移动通信系统 (UMTS) 和高速分组接入 (HSPA))、和第四代 (4G) 技术(例如，长期演进 (LTE) 和先进LTE (LTE-Advanced))等的各种移动通信技术的技术规范。

[0165] 3GPP控制的技术规范可以通过规范版本进行扩展和修订，规范版本可以跨越多年，并指定广泛的新特征和演进。

[0166] 在一个示例中，3GPP在版本10中引入了用于LTE的载波聚合 (CA)。尽管最初引入了两个下行链路载波，但3GPP在版本14中扩展了载波聚合，以包括多达五个下行链路载波和多达三个上行链路载波。3GPP版本提供的新特征和演进的其他示例包括但不限于许可辅助接入 (LAA) 增强型LAA (eLAA)、窄带物联网 (NB-IOT)、车对外界的信息交换 (V2X)、以及高功率用户设备 (HPUE)。

[0167] 3GPP计划在版本15中引入第5代 (5G) 技术的第1阶段 (2018年的目标)，在版本16中引入5G技术的第2阶段 (2019年的目标)。版本15预期将处理低于6GHz的5G通信，而版本16预期将处理6GHz及以上的通信。随后的3GPP版本将进一步发展和扩展5G技术。5G技术在这里也称为5G新空口 (New Radio (NR))。

[0168] 5G NR的初步规范支持各种特征，例如毫米波频谱通信、波束成形能力、高频谱效率波形、低延迟通信、多路无线电数字学、和/或非正交多址接入 (NOMA)。虽然这种射频功能为网络提供了灵活性并提高了用户数据速率，但支持此类特征可能会带来许多技术挑战。

[0169] 本文的教导适用于多种通信系统，包括但不限于使用先进的蜂窝技术的通信系统，例如LTE-Advanced，LTE-Advanced Pro和/或5G NR等。

[0170] 图1是通信网络10的一个示例的示意图。通信网络10包括宏小区基站1、小小区基站3、和用户设备 (UE) 的各种示例，包括第一移动装置2a、无线连接的汽车2b、膝上型电脑2c、固定无线装置2d、无线连接的列车2e、和第二移动装置2f。

[0171] 尽管在图1中示出基站和用户设备的具体示例,但是通信网络可以包括各种类型和/或数量的基站和用户设备。

[0172] 例如,在所示的示例中,通信网络10包括宏小区基站1和小小区基站3。相对于宏小区基站1,小小区基站3可以以相对较低的功率、较短的范围、和/或较少的并发用户数(Concurrent Users)运行。小小区基站3也可以被称为毫微微小区、微微小区、或微小区。尽管通信网络10被示为包括两个基站,但是通信网络10可以被实现为包括更多或更少的基站和/或其他类型的基站。

[0173] 尽管示出了用户设备的各种示例,但是本文的教导适用于多种用户设备,其包括但不限于移动电话、平板电脑、笔记本电脑、物联网装置、可穿戴电子装置、客户端设备(CPE)、无线连接的车辆、无线中继、和/或多种其他通信装置。

[0174] 图1所示的通信网络10支持使用各种技术的通信,包括例如4G LTE,5G NR,和诸如Wi-Fi之类的无线局域网(WLAN)。尽管已经提供了通信技术的各种示例,但是通信网络10可以适于支持多种通信技术。

[0175] 图1中描绘了通信网络10的各种通信链路。通信链路可以多种方式双工,包括例如使用频分双工(FDD)和/或时分双工(TDD)。FDD是一种使用不同频率发射和接收信号的射频通信。FDD可以提供许多优点,例如高数据速率和低延迟。相比之下,TDD是一种使用大约相同的频率来发射和接收信号的射频通信,并且其中发射和接收通信在时间上被切换。TDD可以提供许多优点,例如频谱的有效利用和发射与接收方向之间的吞吐量的可变分配。

[0176] 在某些实现方式中,用户设备可以使用4G LTE、5G NR和Wi-Fi技术中的一个或多个来与基站进行通信。在某些实现方式中,增强的许可接入(eLAA)用于将一个或多个许可的频率载波(例如,许可的4G LTE和/或5G NR频率)与一个或多个未经许可的载波(例如,未经许可的Wi-Fi频率)聚合在一起。

[0177] 通信链路可以在宽的各种频率上运行。在某些实现方式中,使用5G NR技术在小于6千兆赫(GHz)的一个或多个频带上和/或在大于6GHz的一个或多个频带上支持通信。在一个实施例中,一个或多个移动装置支持HPUE功率等级规范。

[0178] 在某些实现方式中,基站和/或用户设备使用波束成形进行通信。例如,波束成形可用于聚焦信号强度以克服诸如与在高信号频率上的通信相关的高损耗之类的路径损耗。在某些实施例中,诸如一个或多个移动电话之类的用户设备,在30GHz至300GHz范围内的毫米波频带上和/或在6GHz至30GHz范围内,或者更具体地说,24GHz至30GHz,的更高厘米(upper centimeter)波频率上使用波束成形进行通信。

[0179] 通信网络10的不同用户可以以各种方式共享诸如可用的频谱之类的可用的网络资源。

[0180] 在一个示例中,频分多址(FDMA)用于将频带划分为多个频率载波。另外,一个或多个载波被分配给特定用户。FDMA的示例包括但不限于单载波FDMA(SC-FDMA)和正交FDMA(OFDMA)。OFDM是一种多载波技术,其将可用带宽细分为多个相互正交的窄带子载波,这些窄带子载波可以独立地分配给不同的用户。

[0181] 共享接入的其他示例包括但不限于:时分多址(TDMA),其中用户被分配用于使用频率资源的特定时隙;码分多址(CDMA),其中通过为每个用户分配唯一代码而在不同用户之间共享频率资源;空分多址(SDMA),其中波束成形被用于通过空间分割来提供共享接入;

以及非正交多址 (NOMA) , 其中功率域被用于多址接入。例如,NOMA可用于以相同的频率、时间、和/或码但以不同的功率大小 (level) 为多个用户提供服务。

[0182] 增强型移动宽带 (eMBB) 是指用于增加LTE网络系统容量的技术。例如,eMBB可以指针对每个用户具有至少10Gbps和最小100Mbps的峰值数据速率的通信。超高可靠低时延通信 (uRLLC) 是指用于具有非常低延迟 (例如, 小于2毫秒) 的通信的技术。uRLLC可用于关键任务通信, 诸如自动驾驶和/或远程手术应用。大规模机器类型通信 (mMTC) 是指诸如与物联网 (IoT) 应用相关联的那些与日常物体的无线连接相关联的低成本和低数据速率通信。

[0183] 图1的通信网络10可用于支持宽泛的各种高级通信特征, 包括但不限于eMBB、uRLLC、和/或mMTC。

[0184] 基于谐波波束成形的波束定向的RF系统示例

[0185] 本文提供了与谐波的波束成形有关的装置和方法。在某些实现方式中, 提供了一种用于在无线网络中运行的通信装置。所述通信装置包括: 天线阵列, 其包括多个天线元件, 所述多个天线元件响应于无线电波生成多个接收信号; 多个信号调节电路, 其与所述多个天线元件可操作地相关联, 并且调节所述多个接收信号以提供接收波束的波束成形; 以及波束控制电路, 其控制所述多个信号调节电路, 以基于所述接收波束的一个或多个谐波波瓣 (lobe) 的方向来提供所述接收波束的波束定向。

[0186] 以这种方式实现通信装置提供了许多优点。例如, 在网络中运行的通信装置可以动态地管理波束成形的方向, 以在存在接收阻断器或干扰器 (jammer) 的情况下提高性能。因此, 该装置可以以更高的速度、更低的干扰、优异的阻断性能、和/或其他益处运行。

[0187] 使用毫米波载波 (例如, 30GHz至300GHz) 、厘米波载波 (例如, 3GHz至30GHz) 和/或其他载波频率的通信装置可以采用天线阵列来为信号的发射和/或接收提供波束成形和方向性。

[0188] 例如, 在信号发射的情形中,  $m \times n$  个天线元件的天线阵列可以在平面模块中实现, 其中阵列的每个天线元件独立地辐射信号。另外, 来自天线元件的信号使用相长干涉和相消干涉来组合, 以生成呈现波束状质量的聚合发射信号, 其具有在远离天线阵列的给定方向上传播的更多信号强度。

[0189] 在信号接收的情形中, 当信号从特定方向到达时, 天线阵列接收到更多的信号能量。因此, 天线阵列还可以提供用于接收信号的方向性。

[0190] 通过增大阵列的大小一直到一限值, 可以提高集聚到波束中的信号能量的相对浓度。例如, 随着更多信号能量聚焦到发射波束 (transmitted beam) 中, 信号能够传播更长的范围, 同时为RF通信提供足够的信号电平。例如, 有大比例的信号能量聚焦到发射波束中的信号可呈现高效的各向同性辐射功率 (EIRP) 。

[0191] 信号调节电路可用于调节发射信号以经由天线元件进行发射和/或调节来自天线元件的已接收的信号。在一个示例中, 信号调节电路包括: 移相器, 用于控制信号相移; 功率放大器, 将发射信号放大到适合于发射的功率大小; 以及低噪声放大器 (LNA) , 其放大所接收的信号以便在引入相对少量的噪声时进行进一步处理。可以控制信号调节电路来使波束定向和/或控制波束强度。

[0192] 本申请的发明人已经认识到, 当基频的信号被波束成形以生成基波波束时, 其谐波也被波束成形以形成具有相对于基波波束更小的波束宽度 (更高的方向性) 的谐波波束。

[0193] 在一个方面,基于与谐波瓣或波束相关的一个或多个考虑因素,动态地管理由天线元件阵列生成的信号波束的强度和/或方向。例如,可以使波束方向改变或定向以减少或消除谐波阻断的影响。

[0194] 本文中的天线阵列可用于发送和/或接收宽频率范围的信号,包括但不限于毫米波频率和厘米波频率。天线阵列可以用于多种应用方式。在一个示例中,将天线阵列包括在通信装置的模块上。例如,天线阵列可用于在基站和用户设备中发射和/或接收RF信号。另外,在某些实现方式中,部署单独的天线阵列用于发射和接收。

[0195] 在某些实施例中,天线阵列在层压基板上实现,其中天线元件阵列形成在层压基板的第一侧上。在一个示例中,天线元件阵列包括贴片天线元件,所述贴片天线元件由层压基板的第一侧上的图案化导电层形成,其中,接地平面使用层压基板的第二相反侧上或在层压基板内部的导电层形成。天线元件的其他示例包括但不限于偶极天线元件、陶瓷谐振器、冲压金属天线、和/或激光直接成型天线。

[0196] 图2是具有波束控制的RF系统或通信装置110的一个实施例的示意图。RF系统110包括天线阵列102,天线阵列102包括天线元件103a1、103a2……103an、103b1、103b2……103bn、103m1、103m2……103mn。RF系统110还包括信号调节电路104a1、104a2……104an、104b1、104b2……104bn、104m1、104m2……104mn。RF系统110还包括收发器105,收发器105包括波束定向电路106。波束定向电路106在本文中也被称为波束控制电路。

[0197] 尽管图2中示出波束定向电路106包括在收发器105中,但是波束定向电路106可以位于任何合适的位置。

[0198] RF系统110示出使用 $m \times n$ 天线阵列102和相应的信号调节电路的具体实现方式,其中m和n是大于或等于1的整数且 $m+n$ 大于1。RF系统可以有如省略号表示的更多或更少的天线元件和/或信号调节电路。 $m \times n$ 的乘积可根据应用方式而变化。在一个实施方案中, $m \times n$ 在2至2048的范围内,或更具体地,在16至256的范围内。此外,天线元件可以以其他图案或配置排列,包括例如线性阵列和/或使用天线元件的非均匀排列的阵列。

[0199] 每个信号调节电路104a1、104a2……104an、104b1、104b2……104bn、104m1、104m2……104mn耦接到天线元件103a1、103a2……103an、103b1、103b2……103bn、103m1、103m2……103mn中相应的一个。信号调节电路可用于多种目的,例如控制相移、发射增益、接收增益、和/或切换。

[0200] 尽管描述了一个实施例,在该实施例中信号调节电路104a1、104a2……104an、104b1、104b2……104bn、104m1、104m2……104mn给发射和接收都提供了信号调节,但是其他实现方式也是可能的。例如,在某些实现方式中,通信装置包括用于接收信号和用于发射信号的单独阵列。因此,在某些实施方式中,信号调节电路用于发射调节但不用于接收调节,或用于接收调节但不用于发射调节。

[0201] 如图2所示,收发器105包括波束定向电路106,该波束定向电路106为信号调节电路104a1、104a2……104an、104b1、104b2……104bn、104m1、104m2……104mn中的每一个生成波束控制信号。例如,每个波束控制信号可以用于控制可变移相器的相位、低噪声放大器的增益、和/或功率放大器的增益,从而控制发射和接收波束的特性,例如波束的方向和/或强度。尽管在该示例中波束定向电路106包括在收发器105中,但是其他实现方式也是可能的。

[0202] 关于信号接收,天线元件103a1、103a2…103an、103b1、103b2…103bn、103m1、103m2…103mn用于响应无线电波来生成接收信号。另外,信号调节电路104a1、104a2…104an、104b1、104b2…104bn、104m1、104m2…104mn调节接收信号以提供接收波束的波束成形。

[0203] 基于与谐波波瓣相关的一个或多个考虑因素,例如谐波波瓣的方向、强度和/或波束宽度,波束定向电路106动态地管理与天线阵列102相关联的波束成形。具体地,波束定向电路106控制信号调节电路104a1、104a2…104an、104b1、104b2…104bn、104m1、104m2…104mn,以基于接收波束的一个或多个谐波波瓣的方向来提供接收波束的波束定向。

[0204] 由于谐波波瓣被波束成形,因此,控制基波波束的特性也控制谐波波束的特性。因此,波束控制信号不仅控制基波波束的强度和形状,也控制谐波波束或波瓣。因此,波束定向电路106基于与谐波波瓣相关的一个或多个考虑因素,例如谐波波瓣接收阻断器信号的可能性(potential),来控制波束方向和/或强度。

[0205] 波束控制电路106基于在给定时间给定的运行环境来控制接收波束。

[0206] 因此,波束定向电路106重新配置天线阵列102以在给定时刻提供期望的性能特性。例如,可以控制信号调节电路104a1、104a2…104an、104b1、104b2…104bn、104m1、104m2…104mn,以在给定时间为给定的运行环境提供最佳或接近最佳的接收波束。

[0207] 因此,当一对通信装置相对于彼此移动和/或运行环境改变时,可以提供这对通信装置之间的无缝连接,并且波束定向电路106可以管理波束以抑制与接收波束成形相关联的谐波波瓣对性能的干扰。

[0208] 在所示实施例中,波束定向电路106还接收一个或多个输入。所述输入可以包括指示通信链路(接收和/或发射)和/或运行环境的多个信令因子和/或反馈信号。

[0209] 波束定向电路106的合适输入的示例包括与一个或多个装置的地理定位有关的数据、使用另一装置实现的数据速率、观察到的错误率、接收信号强度指示符(RSSI)、和/或指示阻断器或谐波的强度的信号。

[0210] 因此,这些输入可以包括从另一个装置接收的信号和/或参数,其中射频系统110与可能受到谐波波瓣干扰的网络中其他装置进行通信和/或进行来自这些装置的通信。

[0211] 图3A是用于提供发射波束的波束成形的一个示例的示意图。图3A示出了通信系统的一部分,该通信系统包括第一信号调节电路114a、第二信号调节电路114b、第一天线元件113a和第二天线元件113b。

[0212] 尽管示出为包括两个天线元件和两个信号调节电路,但是通信系统可以包括另外的天线元件和/或信号调节电路。例如,图3A示出图2的通信系统110的一部分的一个实施例。

[0213] 第一信号调节电路114a包括第一移相器130a、第一功率放大器131a、第一低噪声放大器(LNA)132a、和用于控制功率放大器131a或LNA 132a的选择的开关。另外,第二信号调节电路114b包括第二移相器130b、第二功率放大器131b、第二LNA 132b、和用于控制功率放大器131b或LNA 132b的选择的开关。

[0214] 尽管示出信号调节电路的一个实施例,但信号调节电路的其他实现方式也是可能的。例如,在一个示例中,信号调节电路包括一个或多个带通滤波器、双工器、和/或其他部件。此外,尽管示出具有模拟移相器的实现方式,但是本文中的教导也适用于使用数字相移

的实现方式(例如,使用数字基带处理的相移)以及使用模拟相移和数字相移的组合的实现方式。

[0215] 在所示实施例中,第一天线元件113a和第二天线元件113b分开距离d。另外,图3A已经用角度 $\theta$ 注释,在该示例中,当发射波束方向基本垂直于天线阵列的平面时,该角度的值约为90°,当发射波束方向基本平行于天线阵列的平面时,该角度的值约为0°。

[0216] 通过控制被提供给天线元件113a、113b的发射信号的相对相位,可以实现期望的发射波束角 $\theta$ 。例如,当第一移相器130a的参考值为0°时,可以控制第二移相器130b以提供约 $-2\pi f(d/v)\cos\theta$ 弧度的相移,其中f是发射信号的基频,d是天线元件之间的距离,v是辐射波的速度, $\pi$ 是数学常数pi。

[0217] 在某些实现方式中,距离d被实现为大约 $1/2\lambda$ ,其中 $\lambda$ 是发射信号的基波分量的波长。在这样的实现方式中,可以控制第二移相器130b提供大约 $-\pi\cos\theta$ 弧度的相移,以实现发射波束角 $\theta$ 。

[0218] 因此,可以控制移相器130a、130b的相对相位以提供发射波束成形。在某些实现方式中,收发器(例如,图2的收发器105)控制一个或多个移相器的相位值以控制波束成形。

[0219] 图3B是用于提供接收波束的波束成形的一个示例的示意图。图3B类似于图3A,除了图3B示出在接收波束而不是发射波束的情形中的波束成形。

[0220] 如图3B所示,第一移相器130a和第二移相器130b之间的相对相位差可以选择为大约等于 $-2\pi f(d/v)\cos\theta$ 弧度,以实现期望的接收波束角 $\theta$ 。在距离d对应于大约 $1/2\lambda$ 的实现方式中,可以选择相位差大约等于 $-\pi\cos\theta$ 弧度以实现接收波束角 $\theta$ 。

[0221] 尽管已经提供了用于提供波束成形的相位值的各个公式,但是其他相位选择值也是可能的,例如基于天线阵列的实现方式、信号调节电路的实现方式、和/或无线电环境所选择的相位值。

[0222] 图3C是用于提供发射波束的波束成形的另一示例的示意图。对于距离d对应于大约 $1/2\lambda$ 的情形,图3C类似于图3A,除了图3C示出与二次谐波的波束成形相关的附加注释。如图3C所示,在基频的两倍或 $2f_0$ 时,当第一移相器130a和第二移相器130b之间的相位差约等于 $2\pi\cos\theta$ 时,二次谐波被波束成形。

[0223] 图3D是用于提供接收波束的波束成形的另一示例的示意图。对于距离d对应于大约 $1/2\lambda$ 的情形,图3D类似于图3B,除了图3D示出与二次谐波的波束成形相关的附加注释。如图3D所示,在基频的两倍或 $2f_0$ 时,在第一移相器130a和第二移相器130b之间的相位差约等于 $2\pi\cos\theta$ 时,二次谐波被波束成形。

[0224] 因此,当相位是 $\pi\cos\theta$ 时,期望的基波接收信号被波束成形,而当相位是 $2\pi\cos\theta$ 时,二次谐波被波束成形。

[0225] 图3E是波束成形的另一示例的示意图。图示的示例示出在四个天线元件113a-113d和四个可变移相器130a-130d的情形中的波束成形。该示例适用于发射波束成形和接收波束成形的情形。

[0226] 在所示示例中,与相邻天线元件相关联的多个移相器在相位上以约 $\Phi_{INC}$ 的差被分开,以便提供基波波束成形。此外,当相位差大约等于 $N*\Phi_{INC}$ 时,第N次谐波被波束成形。

[0227] 参考图3A-3E,除了所讨论的主谐波波束之外,可以形成附加的谐波波束,其可以例如通过模拟(simulation)和/或测量来识别。另外,所描述的示例为已经是某些数学模型

情形中的示例,但是可以存在使基波和/或谐波波束定向偏离(de-steer)所指示方向的因素。这些因素包括但不限于由发射器和/或接收器电路引起的相移、单独的天线元件本身的固有的方向性、和/或运行环境。这些因素可以与频率相关,从而导致相对于谐波波束的基频(fundamental-frequency)波束的定向偏离的不同量。

[0228] 图4是基站151和用户设备152之间的波束成形的一个示例的示意图。

[0229] 图5是用户设备152和基站151之间的基波波束成形的一个示例的示意图。

[0230] 如图4和图5所示,为了远程通信和高通信速率,基站151和用户设备152可以使用朝向对方装置聚焦的基波波束进行通信。

[0231] 本文的发明人已经认识到,当基频的信号被波束成形以生成基波波束时,该谐波也被波束成形以形成具有相对于基波波束更小的波束宽度(更高的方向性)的谐波波束。

[0232] 在所示的示例中,谐波波瓣包括与基波波束基本上是相同的方向但具有更窄波束宽度的谐波波瓣。

[0233] 本文中提供的系统和装置可以基于所述接收波束的一个或多个谐波波瓣的方向来提供接收波束的波束定向。

[0234] 以这种方式提供波束定向提供了许多优点。例如,在无线网络中运行的通信装置或基站可以动态地管理波束成形的方向,以在存在接收阻断器或干扰器的情况下提高性能。因此,通信可以以更高的速度、更低的干扰、优异的阻断性能、和/或其他益处运行。

[0235] 图6A-图16B示出基波和谐波波束成形的模拟的各种示例。在这些模拟中,波瓣的长度(相对于曲线图的原点)是波束的电场强度的指示。尽管显示了各种结果,但结果可能会因各种因素而有所不同。

[0236] 图6A是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。

[0237] 图6B是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。

[0238] 图6C是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。

[0239] 图7A是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。

[0240] 图7B是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。

[0241] 图7C是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。

[0242] 图8A是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。

[0243] 图8B是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。

[0244] 图8C是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。

[0245] 图9A是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维

图。

- [0246] 图9B是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0247] 图9C是使用 $2 \times 2$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0248] 图10A是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0249] 图10B是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0250] 图10C是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0251] 图11A是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0252] 图11B是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0253] 图11C是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0254] 图12A是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0255] 图12B是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0256] 图12C是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的二维图。
- [0257] 图13A是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0258] 图13B是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0259] 图13C是使用 $4 \times 4$ 天线阵列在 $50^\circ$ 处的三次谐波波束成形的一个示例的三维模拟结果。
- [0260] 图14A-16B示出基波和諧波波束成形的模拟的各种示例。这些模拟显示了 $8 \times 8$ 正方形阵列与 $1 \times 8$ 线性阵列的波束成形的比较。尽管显示了各种结果，但结果可能会因各种因素而有所不同。
- [0261] 图14A是使用 $8 \times 8$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0262] 图14B是使用 $1 \times 8$ 天线阵列在 $90^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0263] 图15A是使用 $8 \times 8$ 天线阵列在 $75^\circ$ 的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。
- [0264] 图15B是使用 $1 \times 8$ 天线阵列在 $75^\circ$ 处的基波波束成形的一个示例的模拟结果的三

维图。

[0265] 图16A是使用 $8 \times 8$ 天线阵列在 $75^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。

[0266] 图16B是使用 $1 \times 8$ 天线阵列在 $75^\circ$ 处的二次谐波波束成形的一个示例的模拟结果的三维图。

[0267] 如这些模拟所示,使用线性阵列的波束成形可以生成盘形波束图案。另外,通过控制相控(phasing)到阵列的天线元件的信号,盘形波束可以倾斜成锥形波束。另外,正方形阵列可以包括并排的多个线性阵列的波束的叠加,从而形成相对窄的复合波束。如图16A和图16B所示,谐波对线性阵列和正方形阵列两者都波束成形。

[0268] 图17A是具有波束定向的RF系统170的另一实施例的示意图。RF系统170包括天线阵列102'、波束定向电路106、信号调节电路154a'、154b……154m和组合器165。另外,天线阵列102'包括天线元件103a、103b……103m。

[0269] 尽管示出了具有三个天线元件和相应的信号调节电路的实施例,但是如省略号所示,RF系统可以有更多或更少的天线元件和/或信号调节电路。而且,天线元件可以在阵列中实现。

[0270] 在图17A所示的实施例中,每个信号调节电路包括移相器、功率放大器、LNA、以及用于控制功率放大器和LNA的选择的开关。如图17A所示,信号调节电路154a'包括移相器160a、功率放大器161a、LNA 162a、和一组开关。另外,信号调节电路154b包括移相器160b、功率放大器161b、LNA 162b、和一组开关。另外,信号调节电路154m包括移相器160m、功率放大器161m、LNA 162m、和一组开关。如图17A所示,来自每个移相器的相移接收信号由组合器165组合以生成接收波束信号RX。

[0271] 尽管示出了具有功率放大器和LNA的信号调节电路的示例,但是信号调节电路的其他实现方式也是可能的。例如,信号调节电路可以包括电路和/或附加电路的其他布置,包括例如开关、移相器、滤波器、放大器、频率复用器、和/或其他部件。

[0272] 如图17A所示,信号调节电路154'还包括谐波功率检测器163,其向波束定向电路106提供指示谐波功率大小的检测信号。检测信号可以指示一个或多个谐波频率-例如二次和/或三次谐波频率-的功率大小。

[0273] 通过包括谐波功率检测器163,波束定向电路106可以确定接收到的谐波功率的总量,这可以帮助波束定向电路106确定所述接收波束定向的角度。

[0274] 尽管示出了具有一个谐波功率检测器的实施例,但是其他信号调节电路可以附加地或替代地包括谐波功率检测器。另外,尽管图17A示出谐波功率检测器位于LNA的输出处的实施例,但是谐波功率检测器可以放置在适于检测谐波功率的其他位置。

[0275] 谐波功率检测器163可以以多种方式实现,包括但不限于使用峰值检测器和/或平均值检测器。

[0276] 图17B是具有波束定向的RF系统180的另一实施例的示意图。RF系统180包括天线阵列102'、波束控制电路106'、信号调节电路154a、154b……154m、谐波功率检测器164、和组合器165。

[0277] 图17B中的RF系统180类似于图17A的RF系统170,除了RF系统180包括的实现方式中,谐波功率检测器164位于组合器165之后,从而检测接收波束RX中的谐波功率的量。

[0278] 通过以这种方式定位谐波功率检测器164，波束定向电路106'可以基于波束中存在的谐波功率的检测到的量来控制接收波束RX。

[0279] 图17C是具有波束定向的RF系统190的另一实施例的示意图。RF系统190包括天线阵列102'、波束定向电路106''、信号调节电路154a'、154b.....154m、谐波功率检测器164和组合器165。

[0280] RF系统190包括图17A的谐波功率检测器163和图17B的谐波功率检测器164。因此，波束定向电路106''被提供有来自谐波功率检测器163的第一检测信号，其指示无线电环境中的谐波功率；以及来自谐波功率检测器164的第二检测信号，其指示接收波束的谐波功率的量。因此，波束定向电路106''基于本地无线电环境中的谐波功率的量以及RF系统190是否已经定向或指向谐波功率源，来控制波束定向。

[0281] 使用基于谐波波束成形的测试位置确定的测试设备和测试方法的示例

[0282] 当使用波束成形从天线阵列发射时，来自阵列的天线元件的各个信号使用相长干涉和相消干涉来组合以生成具有波束状质量的聚合发射信号，该聚合发射信号具有在远离天线阵列的给定方向上传播的更多信号强度。本文的发明人已经认识到，当基频的信号被波束成形以生成基波波束时，该谐波也被波束成形以形成具有相对于基波波束更小的波束宽度(更高的方向性)的谐波波束。

[0283] 本文提供了用于基于谐波波束成形的射频辐射测试的装置和方法。在某些配置中，提供了一种用于辐射合规性的蜂窝通信组件的辐射测试方法。该方法包括在制造蜂窝通信组件之后使用相应蜂窝通信组件的天线阵列发射信号波束，所述信号波束包括基波波瓣和一个或多个谐波波瓣。该方法还包括使用测试设备基于检测基波波瓣的方向来确定信号波束的一个或多个测试位置，该测试位置对应于与谐波波瓣相关联的位置。该方法还包括使用测试设备评估一个或多个测试位置中的每一个的谐波辐射水平，并且当每个测试位置处的谐波辐射水平被确定为低于预定阈值时，确定相应的蜂窝通信组件符合辐射测试。

[0284] 因此，可以在与谐波波瓣相关联的测试位置处执行谐波测试，从而将测试集中到与高次谐波相关联的位置。为了减少测试时间，在远离谐波波瓣的位置处省略谐波测试。因此，当测试位置处的谐波辐射水平小于阈值时，蜂窝通信组件符合辐射测试。然而，当在一个或多个测试位置处测试的谐波辐射水平大于所述阈值时，确定蜂窝通信不符合辐射测试。

[0285] 通过以这种方式提供辐射测试，可以识别与谐波辐射的高可能性相关联的测试位置，并且可以实现快速测试时间。因此，可以在更短的测试时间内执行质量保证检查、平台水平测试、校准测试、认证测试、和/或合规性测试。在某些实施例中，在10个或更少的测试位置执行测试，例如，少于5个测试位置。

[0286] 相比之下，传统的测试方法可以包括许多测试位置，例如，覆盖蜂窝通信组件周围的整个球体的数百个测试点。

[0287] 根据本文中的教导可以测试以波束成形运行的各种类型的蜂窝通信组件。这些蜂窝通信组件的示例包括但不限于封装的半导体组件(包括封装的晶片)，射频模块(包括多芯片模块或MCM)和/或射频装置(例如，移动电话、平板电脑、膝上型电脑、和可穿戴电子装置)。另外，这些蜂窝通信组件可以包括部分地制造的组件、模块、或装置。

[0288] 在某些实施方式中，辐射测试可以完全自动执行。例如，测试设备可以包括自动搬

运器,用于将受测装置(例如,模块、移动电话或其他合适的无线通信组件)移入或移出测试区域(例如,吸波暗室(anechoic chamber))。另外,受测装置可以生成发射波束,该发射波束由测试设备处理以确定谐波辐射的测试位置。因此,可以识别和测试与谐波波束成形相关联的位置,以确定受测装置是否通过谐波测试。

[0289] 所述辐射测试可以对应于多种类型的辐射测试,包括但不限于杂散辐射测试、二次谐波辐射测试、三次谐波辐射测试、辐射发射测试、辐射抗扰度测试、和/或电磁兼容性(EMC)。这种测试的示例包括但不限于由国际电信联盟(ITU)、第三代合作伙伴计划(3GPP)、无线电工业企业和企业协会(ARIB)、电信技术委员会(TTC)、中国通信标准协会(CCSA)、电信产业解决方案联盟(ATIS)、电信技术协会(TTA)、欧洲电信标准协会(ETSI)、印度电信标准发展协会(TSDSI)、联邦通信委员会(FCC)、美国国家标准协会(ANSI)、和/或国际电工委员会(IEC)颁布的测试规范、建议、和/或法规。

[0290] 辐射测试可以以多种方式进行,包括但不限于,使用自动或半自动测试设备在吸波暗室、半吸波暗室、千兆赫横向电磁室(GTEM)、混响室、RF屏蔽室或RF室、开放区域测试场地(OATS)和/或诸如工厂车间之类的工厂或制造环境中运行。

[0291] 辐射测试可以在多种频率下执行,包括例如毫米波载波(例如,30GHz至300GHz)、厘米波载波(例如,3GHz至30GHz)、和/或其他载波频率。

[0292] 图18是具有基于谐波波束成形的测试位置确定的测试设备300的一个实施例的示意图。测试设备300包括测量天线301、信号分析器302、测试位置确定系统303、搬运器304、控制器306和温度单元或控制器307。测试设备300用于快速测试以波束成形运行的受测装置,例如受测装置308。测试设备300在本文中也被称为自动电子测试系统或自动测试设备(ATE)。

[0293] 尽管图18示出了根据一个实施例的测试设备,但是本文中的教导适用于以多种方式实现的测试设备。

[0294] 测试设备300提高了制造吞吐量和/或在制造或部分制造之后提供受测装置的辐射合规性的快速测试。在某些实现方式中,受测装置308对应于诸如封装的半导体组件、射频模块、和/或射频装置之类的蜂窝通信组件。

[0295] 测试设备300可用于测试受测装置308(例如,蜂窝通信组件)的无线辐射性能,以确保受测装置308在预定义的性能规格和参数内运行。测试设备300使用自动装置快速地测量受测装置(例如受测装置308)并评估测试结果。测试设备300可用于加速测试时间、改进或识别制造装配线的问题、和/或减少到达客户和/或最终用户的有缺陷的装置的数量。

[0296] 测量天线301用于接收从受测装置308无线发射的RF信号。例如,测试设备300可以使用测量天线301来无线地接收被受测装置308波束成形的且从受测装置308发射的发射波束。所述发射波束包括由波束成形产生的基波波瓣和一个或多个谐波波瓣。测量天线301可以包括多种类型的一个或多个天线,包括但不限于有线天线、行波天线、反射器天线、微带天线、孔径天线、和/或任何其他合适类型的天线。在某些实现方式中,测量天线301包括一个或多个天线阵列。

[0297] 信号分析器302可用于分析经由测量天线301从受测装置308接收的RF信号。例如,信号分析器302可用于处理所接收的RF信号以检测各种RF信号特征,包括但不限于频谱内容。

[0298] 搬运器304可用于物理地移动或定位受测装置308,包括例如受测装置308移动到测试平台(例如,图19的测试平台403)上或从其移出。

[0299] 在某些实现方式中,搬运器304可包括机械臂以帮助移动受测装置308和用于使用真空抽吸将受测装置308保持到搬运器304的吸盘(plunger)。然而,可以使用搬运器304的其他实现方式,包括例如搬运器304以其他方式固持受测装置308的实现方式。

[0300] 搬运器304有助于将受测装置308定位在相对于测试设备300的部件的期望位置和/或方向。例如,搬运器304可用于将受测装置308放置在相对于测量天线301的期望位置处,从而允许测量天线接收从受测装置308在特定方向和/或距离辐射的RF波。

[0301] 尽管搬运器304可用于相对于测试设备300对受测装置308进行定位,但附加地和/或替代地,测试设备300可包括可移动和/或可旋转部件,用于控制测试设备300的部件相对于受测装置308的位置。在一个示例中,测量天线301被包括在可移动组件中或可移动组件上。

[0302] 测试位置确定系统303用于选择执行辐射测试的测试位置。在某些实现方式中,测试位置确定系统303还控制受测装置308相对于测量天线301的相对位置,从而协调用于辐射测试的部件的放置。在某些实施方式中,测试位置确定系统303包括计算机处理单元、现场可编程门阵列、微控制器、和/或适于处理数据和控制测试设备300的运行的其他合适的电子硬件。在某些实现方式中,这种硬件部分地基于执行软件来运行。

[0303] 在某些实施例中,受测装置308和/或测量天线301被定位成初始测量或测试从受测装置308发射的基波波瓣。另外,信号分析器302分析来自测量天线301的RF信号测量,以确定从受测装置308发射的基波波瓣的方向和/或强度。基于基波波瓣的方向和/或强度,测试位置确定系统303确定用于辐射测试的一个或多个测试位置。测试位置对应于与谐波波瓣相关联的位置。

[0304] 在某些实现方式中,通过基于使用任何合适的位置估算算法和/或建模对谐波波瓣的位置进行估算来确定测试位置。例如,如上面参考图3A至图16B所述的,谐波波瓣的位置与基波波瓣的位置有关。因此,基于由测量天线301和信号分析器302收集的指示基波波瓣的方向和/或强度的数据,可以估计谐波波瓣的位置。

[0305] 此后,对于每个测试位置,受测装置308和/或测量天线301可以被相对于彼此移动,从而配置测试设备300以测量测试位置处的辐射水平。每个测试位置处的辐射水平可以使用测量天线301和信号分析器302和/或使用其他合适的测试部件来测量。

[0306] 当测试位置处的谐波辐射水平小于阈值时,蜂窝通信组件符合辐射测试。然而,当在一个或多个测试位置处的谐波辐射测试水平大于所述阈值时,蜂窝通信被确定为不符合辐射测试。在某些实现方式中,所述阈值对应于由例如上述管理机构和/或标准机构中任何一个颁布的测试规范、建议、和/或法规设定的可接受的辐射水平。

[0307] 因此,可以在与谐波波瓣相关联的测试位置处执行谐波测试,从而将测试集中到与高次谐波相关联的位置。为了减少测试时间,在远离谐波波瓣的位置处省略谐波测试。

[0308] 通过以这种方式提供辐射测试,可以识别与谐波辐射的高可能性相关联的测试位置,并且可以实现快速测试时间。因此,可以在更短的测试时间内执行质量保证检查、平台水平测试、校准测试、认证测试、和/或合规性测试。相比之下,传统的测试方法可以包括覆盖受测装置周围整个球体的为数众多的测试位置。

[0309] 温度单元307可用于控制和/或监测测试设备300和/或受测装置308的温度,从而提供受控的测试环境和/或允许跟踪的测量与温度的关系。在某些实现方式中,测试设备300在两个或更多个不同温度下执行辐射测试。

[0310] 控制器306可用于同步和/或提供与测试设备300的部件相关联的各种控制功能,例如测量天线301、信号分析器302、测试位置确定系统303、搬运器304、和/或温度单元307。在某些实现方式中,控制器306还控制或指示受测装置308的波束发射。控制器306可以以多种方式实现,包括但不限于使用处理器或其他合适的电子硬件。在某些实现方式中,使用普通的硬件(例如,计算机处理单元、现场可编程门阵列、微控制器、和/或其他合适的电子硬件)来实现控制器306和诸如测试位置确定系统303之类的测试设备300的其他功能。

[0311] 尽管为了清楚起见已将测试设备300示出并描述为包括某些部件,但是可以以其他方式修改或调整测试设备300。例如,测试设备300还可以包括附加部件,例如电源、传感器、数字信号处理装置、和/或电缆,并且互连。

[0312] 图19是具有基于谐波波束成形的测试位置确定的测试设备400的另一实施例的示意图。测试设备400包括壳体401、可旋转室402、可旋转测试平台403、和测量天线404。在所示的实施例中,受测装置408(在该示例中为移动装置)已经定位在可旋转室402中。如图19所示,可旋转室402包括内壁405,内壁405可操作以禁止信号反射,从而为可旋转室402提供消波特性。

[0313] 在所示实施例中,平台402可相对于图19围绕在竖直方向上延伸的轴线旋转。另外,可旋转室402被实现为圆筒形,并且可围绕圆筒的轴线旋转。另外,壳体401包括位于其中的电子器件(例如,测试位置确定系统和/或控制器),该电子器件被配置为控制平台403和可旋转室402的旋转,从而控制受测装置408和测量天线404之间的相对定位。

[0314] 图19中的测试设备400示出适合于基于谐波波束成形的测试位置确定来运行的测试设备的一个实施例。例如,测试设备400可以用测试位置确定系统(例如,图18中的测试位置确定系统303)来实现,从而在与谐波波瓣相关联的测试位置处执行辐射测试。尽管测试设备400示出具有基于谐波波束成形的测试位置确定的测试设备的一个实施例,但是本文中的教导适用于以多种方式实现的测试设备。

[0315] 通过以这种方式提供辐射测试,可以识别与谐波发射的高可能性相关联的测试位置,并且可以实现快速测试时间。因此,可以在更短的测试时间内执行质量保证检查、平台水平测试、校准测试、认证测试、和/或合规性测试。

[0316] 图20是根据一个实施例的辐射测试的方法450的示意图。可以理解的是,方法450可以包括更多或更少的操作,并且所述操作可以根据需要以任何顺序执行。所示方法450可用于测试多种受测装置,包括但不限于蜂窝通信组件。方法450可以由任何合适的测试设备来执行,例如自动或半自动测试设备。在一个实施例中,方法450由图18中的测试设备300执行。在另一个实施例中,方法450由图19中的测试设备400执行。

[0317] 尽管方法450示出辐射测试的方法的一个实施例,但是本文中的教导适用于以多种方式实现的测试方法。

[0318] 方法450开始于方框451,其中在制造蜂窝通信组件(包括全部或部分制造)之后使用蜂窝通信组件的天线阵列来发射信号波束,所述信号波束包括基波波瓣和一个或多个谐波波瓣。

[0319] 尽管示出为开始于步骤451,但是方法450可以在步骤451之前包括附加步骤。例如,在某些实现方式中,在发射信号波束之前,使用自动搬运器(例如,图18中的搬运器304)来移动(例如,移动进入测试室和/或移动到测试平台上)蜂窝通信组件。

[0320] 在随后的方框452中,基于使用测试设备检测基波波瓣的方向来确定信号波束的一个或多个测试位置,该一个或多个测试位置对应于与一个或多个谐波波瓣相关联的位置。在某些配置中,检测基波波瓣的方向包括使用一个或多个测量天线(例如,图18中的测量天线301)接收信号波束,使用信号分析器(例如,图18中的信号分析器302)分析所接收的信号,以及使用测试位置确定系统(例如,图18中的测试位置确定系统303)确定一个或多个测试位置。

[0321] 方法450在方框453处继续,其中使用测试设备在每个测试位置处评估谐波辐射水平。在某些实现方式中,通过控制蜂窝通信组件(例如,图18中的受测装置308)与一个或多个测量天线(例如,图18中的测量天线301)之间的相对定位,在每个测试位置处测量谐波辐射直到到达测试位置,以及使用任何合适的测试设备(例如,图18中的测量天线301和信号分析器302)在测试位置测量辐射水平。

[0322] 在随后的方框454中,当每个测试位置处的谐波辐射的水平被确定为低于预定阈值时,确定蜂窝通信组件符合辐射测试。

[0323] 因此,当测试位置处的谐波辐射水平小于所述阈值时,蜂窝通信组件符合辐射测试。然而,当在一个或多个测试位置处的谐波辐射测试水平大于所述阈值时,蜂窝通信被确定为不符合辐射测试。

[0324] 尽管方法450被示为在方框454结束,但是方法450可以被迭代地重复以测试多个蜂窝通信组件。例如,该方法可以在方框451重新开始以用于下一个蜂窝通信组件。

#### [0325] RF系统、模块和装置的示例

[0326] 图21是模块680的一个实施例的平面图。模块680包括天线阵列681、基板682、封装683、IC684、表面贴装器件或SMD685、集成无源器件或IPD686、以及屏蔽687。模块680示出可以包括在提供波束控制的通信装置的模块中的部件和结构的各种示例。

[0327] 尽管示出部件和结构的组合的一个示例,但是模块可以包括更多或更少的部件和/或结构。

[0328] 图22A是模块700的另一个实施例的立体图。图22B是沿线22B-22B截取的图22A的模块700的截面图。

[0329] 模块700包括层压基板或层压板701、半导体晶片或IC 702(在图22A中不可见)、SMD(在图22A中不可见)、以及包括天线元件710a1、710a2、710a3…710an、710b1、710b2、710b3…710bn、710c1、710c2、710c3…710cn、710m1、710m2、710m3…710mn的天线阵列。

[0330] 尽管未在图22A和图22B中示出,但是为了清楚起见,模块700可以包括从附图中省略的附加结构和部件。另外,模块700可以根据特定应用和/或实现方式的需要以多种方式进行修改或调整。

[0331] 基于实现方式,天线元件710a1、710a2、710a3…710an、710b1、710b2、710b3…710bn、710c1、710c2、710c3…710cn、710m1、710m2、710m3…710mn形成在层压板701的第一表面上,并且可以用于接收和/或发射信号。尽管示出了天线元件的4x4阵列,但是如省略号所示,更多或更少的天线元件是可能的。此外,天线元件可以以其他图案或配置排列,包括

例如使用天线元件的非均匀排列的阵列。另外，在另一实施例中，提供多个天线阵列，例如用于发射和接收的单独天线阵列。

[0332] 在所示实施例中，IC 702位于层压板701的与第一表面相反的第二表面上。然而，其他实现方式也是可能的。在一个示例中，IC 702被集成到层压板701内部。

[0333] 在某些实现方式中，IC 702包括与天线元件710a1、710a2、710a3…710an、710b1、710b2、710b3…710bn、710c1、710c2、710c3…710cn、710m1、710m2、710m3…710mn相关联的信号调节电路、以及用于基于与谐波瓣相关的一个或多个考虑因素来动态控制信号调节电路的波束控制电路。尽管示出具有一个半导体芯片的实现方式，但是本文中的教导适用于具有附加芯片的实现方式。

[0334] 层压板701可以包括包含例如导电层、介电层、和/或焊料掩模的各种结构。可以基于各种因素来选择层的数量、层厚度、和用于形成层的材料，并且可以随着应用和/或实现方式而变化。层压板701可以包括用于向天线元件的信号馈送和/或接地馈送提供电连接的通孔。例如，在某些实现方式中，通孔可以帮助在IC 702的信号调节电路和相应的天线元件之间提供电连接。

[0335] 天线元件710a1、710a2、710a3…710an、710b1、710b2、710b3…710bn、710c1、710c2、710c3…710cn、710m1、710m2、710m3…710mn可以对应于以多种方式实现的天线元件。在一个示例中，天线元件阵列包括贴片天线元件，该贴片天线元件由层压体701的第一侧上的图案化导电层形成，其中，接地平面使用层压板701的相对侧上或在层压板701内部的导电层形成。天线元件的其他示例包括但不限于偶极天线元件、陶瓷谐振器、冲压金属天线、和/或激光直接成型天线。

[0336] 图23是移动装置800的一个实施例的示意图。移动装置800包括基带系统801、亚毫米波(mmW)收发器802、亚毫米波前端系统803、亚毫米波天线804、电力管理系统805、存储器806、用户接口807、mmW基带(BB)/中频(IF)收发器812、mmW前端系统813和mmW天线814。

[0337] 移动装置800可以用于使用多种通信技术进行通信，包括但不限于2G、3G、4G(包括LTE、LTE-Advanced、和LTE-Advanced Pro)、5G NR、WLAN(例如，Wi-Fi)、WPAN(例如，蓝牙和ZigBee)、WMAN(例如，WiMax)、和/或全球定位系统(GPS)技术。

[0338] 在所示实施例中，亚毫米波收发器802、亚毫米波前端系统803和亚毫米波天线804用于发射和接收厘米波和毫米波频率以下的其他射频信号。另外，mmW BB/IF收发器812、mmW前端系统813和mmW天线814用于发射和接收毫米波。尽管示出一个特定示例，但是其他实现方式也是可能的，包括但不限于使用在不同频率范围上运行的电路来运行的移动装置。

[0339] 亚毫米波收发器802生成用于发射的RF信号并且处理从亚毫米波天线804接收的输入RF信号。可以理解的是，与RF信号的发射和接收相关联的各种功能可以通过在图23中总体表示为亚毫米波收发器802的一个或多个部件来实现。在一个示例中，可以提供单独的部件(例如，单独的电路或晶片)来处理某些类型的RF信号。

[0340] 亚毫米波前端系统803辅助调节被发射到天线804和/或从天线804接收的信号。在所示实施例中，前端系统803包括功率放大器(PA)821、低噪声放大器(LNA)822、滤波器823、开关824和双工器825。然而，其他实现方式也是可能的。

[0341] 例如，亚毫米波前端系统803可以提供许多功能，包括但不限于放大用于发射的信

号、放大所接收的信号、滤波信号、在不同频带之间切换、在不同功率模式之间切换、在发射和接收模式之间切换、信号双工、信号多路复用(例如,双工或三工)、或其某种组合。

[0342] 在某些实现方式中,移动装置800支持载波聚合,从而提供增加峰值数据速率的灵活性。载波聚合可以用于频分双工(FDD)和时分双工(TDD),并且可以用于聚合多个载波或信道。载波聚合包括连续聚合,其中聚合相同工作频带内的连续载波。载波聚合也可以是非连续的,并且可以包括在公共频带内或不同频带内频率分离的载波。

[0343] 亚毫米波天线804可以包括用于多种通信类型的天线。例如,亚毫米波天线804可以包括用于发射和/或接收与多种频率和通信标准相关联的信号的天线。

[0344] mmW BB/IF收发器812生成用于发射的毫米波信号并处理从mmW天线814接收的输入毫米波信号。可以理解的是,与RF信号的发射和接收相关联的各种功能可以通过在图23中总体表示为mmW收发器812的一个或多个部件来实现。基于实现方式,mmW BB/IF收发器812可以在基带或中频下运行。

[0345] mmW前端系统813辅助调节发射到mmW天线814和/或从mmW天线814接收的信号。在所示实施例中,前端系统803包括功率放大器831、低噪声放大器832、开关833、上变频器834、下变频器835和移相器836。然而,其他实现方式也是可能的。在一个示例中,移动装置800使用BB mmW收发器工作,并且mmW前端系统省略了上变频器和下变频器。在另一示例中,mmW前端系统还包括用于对毫米波信号进行滤波的滤波器。

[0346] mmW天线814可以包括用于多种通信类型的天线。mmW天线814可以包括以多种方式实现的天线元件,并且在某些配置中,天线元件被排列为形成一个或多个天线阵列。用于毫米波天线阵列的天线元件的示例包括但不限于贴片天线、偶极天线元件、陶瓷谐振器、冲压金属天线、和/或激光直接成型天线。

[0347] 在某些实现方式中,移动装置800支持MIMO通信和/或切换分集通信(switted diversity communication)。例如,MIMO通信使用多个天线在单个射频信道上传送多个数据流。由于无线电环境的空间复用差异,MIMO通信受益于更高的信噪比、改进的编码、和/或降低的信号干扰。切换分集指的是在特定时间选择特定天线来运行的通信。例如,开关可以用于基于多种因素,例如观察到的误码率和/或信号强度指示符,从一组天线中选择特定的天线。

[0348] 移动装置800以波束成形来运行。例如,mmW前端系统813包括由mmW BB/IF收发器812控制的具有可变相位的移相器。此外,对移相器进行控制以使用mmW天线814为信号的发射和/或接收提供波束成形和方向性。例如,在发射信号的情况下,对提供给用于发射的天线阵列的发射信号的相位进行控制,使得辐射的信号使用相长干涉和相消干涉进行组合,以生成呈现波束状质量的集合发射信号,该集合发射信号具有在给定方向上传播的更多信号强度。在接收信号的情况下,控制相位,使得当信号从特定方向到达天线阵列时,接收到更多的信号能量。

[0349] 基带系统801耦接到用户接口807以便于处理各种用户输入和输出(I/O),例如语音和数据。基带系统801向亚毫米波和mmW收发器提供发射信号的数字表示,这些发射信号由收发器处理以生成用于发射的RF信号。基带系统801还处理由收发器提供的接收信号的数字表示。如图23所示,基带系统801耦接到促进移动装置800运行的存储器806。

[0350] 存储器806可以用于多种目的,例如存储数据和/或指令,以便于移动装置800的运

行和/或便于提供用户信息的存储。

[0351] 电力管理系统805提供移动装置800的许多电力管理功能。在某些实现方式中，电力管理系统805包括控制前端系统的功率放大器的供电电压的PA供电控制电路。例如，电力管理系统805可以被配置为改变提供给一个或多个功率放大器的供电电压，以提高诸如功率附加效率(PAE)之类的效率。

[0352] 在某些实现方式中，电力管理系统805从电池接收电池电压。电池可以是用于移动装置800的任何合适的电池，包括例如锂离子电池。

[0353] 结论

[0354] 上面描述的一些实施例提供了与无线通信装置相关的波束控制的示例。然而，这些实施例的原理和优点可以用于受益于本文中描述的任何电路和系统中的任何其他系统或装置。

[0355] 除非上下文清楚地另有要求，否则在整个说明书和权利要求书中，词语“包括、包含”等要按照与排他性或穷尽性的意义相反的包括性意义来解释，也就是说，按照“包括但不限于”的意义来解释。如在本文中常常使用的，词语“耦接”是指两个或更多元件可以直接连接、或者借助于一个或多个中间元件来连接。另外，如在本文中常常使用的，词语“连接”是指两个或更多元件可以直接连接、或者借助于一个或多个中间元件来连接。另外，当在本申请中使用时，词语“本文”、“上”、“下”和相似含义的词语应该是指作为整体的本申请，而不是本申请的任何具体部分。在上下文允许时，在上面的详细描述中使用单数或复数的词语也可以分别包括复数或单数。提及两个或更多项目的列表时的词语“或”，涵盖该词语的以下解释中的全部：列表中的任何项目、列表中的所有项目、和列表中各项目的任何组合。

[0356] 此外，除非另有明确说明，或在所使用的上下文中被另外理解，否则本文中使用的条件语言，诸如“可以”、“可”、“可能”、“可以”、“例如”、“比如”、“诸如”等，通常旨在表达某些实施例包括某些特征、元素和/或状态，而其他实施例不包括这些特征、元素和/或状态。因此，这样的条件语言通常不旨在暗示：特征、元素和/或状态以任何方式被一个或多个实施例所必需；或者一个或多个实施例必须包括以下逻辑，该逻辑用于在有或没有作者输入或提示的情况下，判断这些特征、元素和/或状态是否包括在任何特定实施例中或将要在任何特定实施例中被执行。

[0357] 本发明实施例的以上详细描述不旨在是穷尽性的，或是将本发明限于上面所公开的精确形式。尽管上面出于说明目的描述了本发明的具体实施例和用于本发明的示例，但是如相关领域的技术人员将认识到的，在本发明的范围内的各种等效修改是可能的。例如，尽管按照给定顺序呈现了处理或块，但是替换的实施例可以执行具有不同顺序的步骤的例程(routine)，或采用具有不同顺序的块的系统，并且一些处理或块可以被删除、移动、添加、细分、组合和/或修改。可以按照各种不同的方式来实现这些处理或块中的每一个。还有，尽管有时将处理或块示出为串行地执行，但是相反地，这些处理或块也可以并行地执行，或者可以在不同时间被执行。

[0358] 本文提供的本发明的教导可以应用于其他系统，而不必是上述的系统。可以对上述的各个实施例的元素和动作进行组合，以提供进一步的实施例。

[0359] 尽管已经描述了本发明的某些实施例，但是这些实施例仅已借助于示例来呈现，并不意欲限制本申请的范围。其实，可以按照多种其他形式来实施本文所述的新颖方法和

系统；此外，可以做出本文所述的方法和系统的形式上的各种省略、替换和改变，而没有脱离本申请的精神。附图和它们的等效物意欲涵盖如将落入本申请的范围和精神内的这种形式或修改。

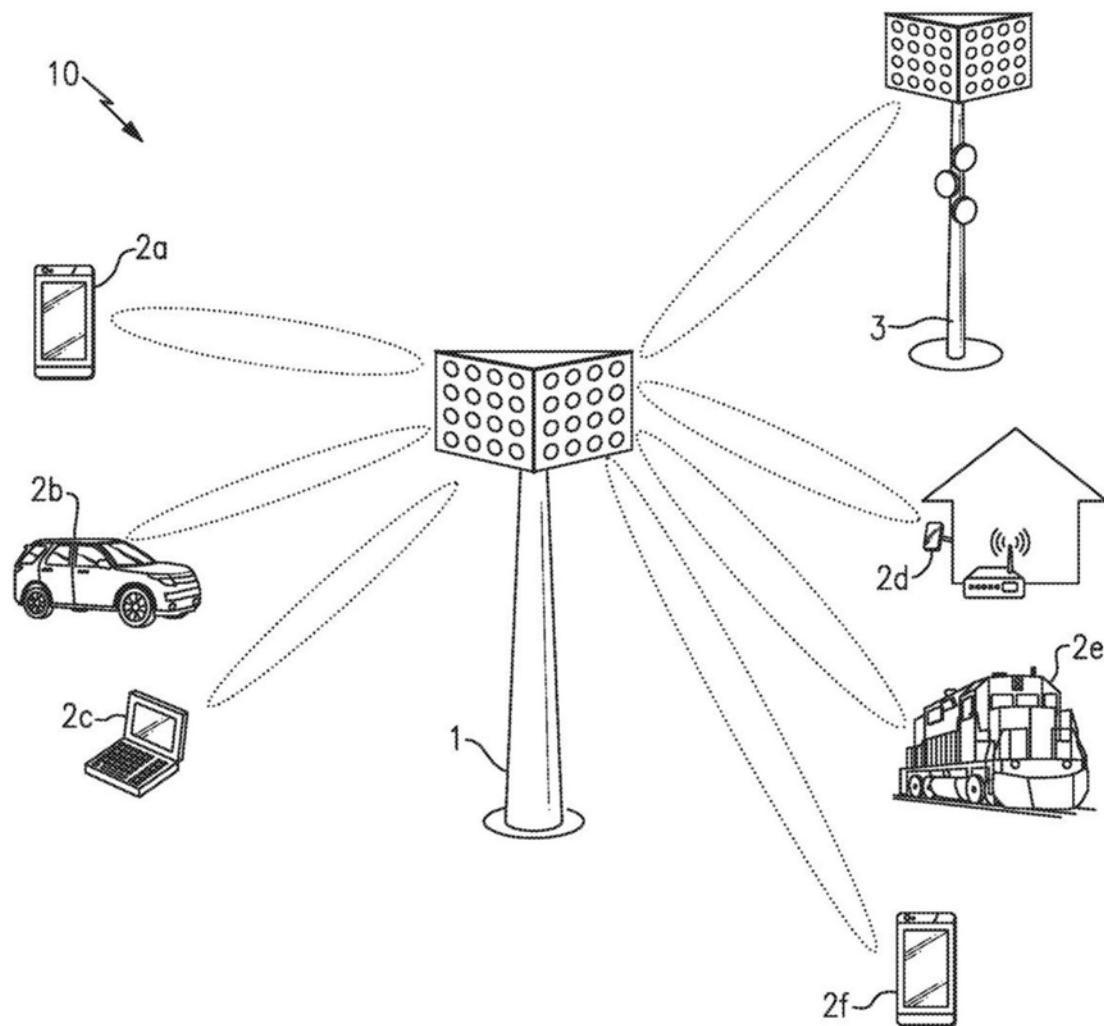


图1

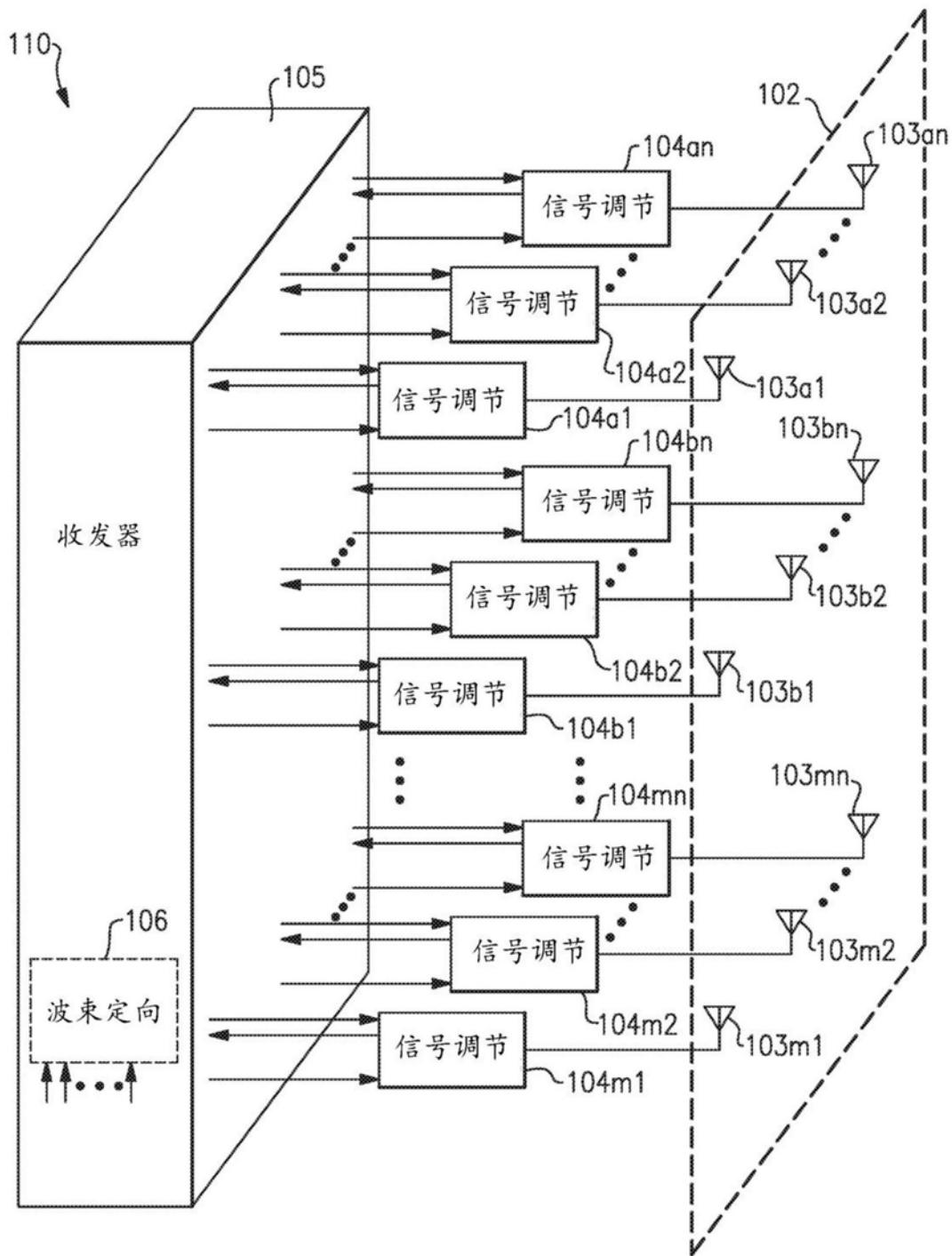


图2

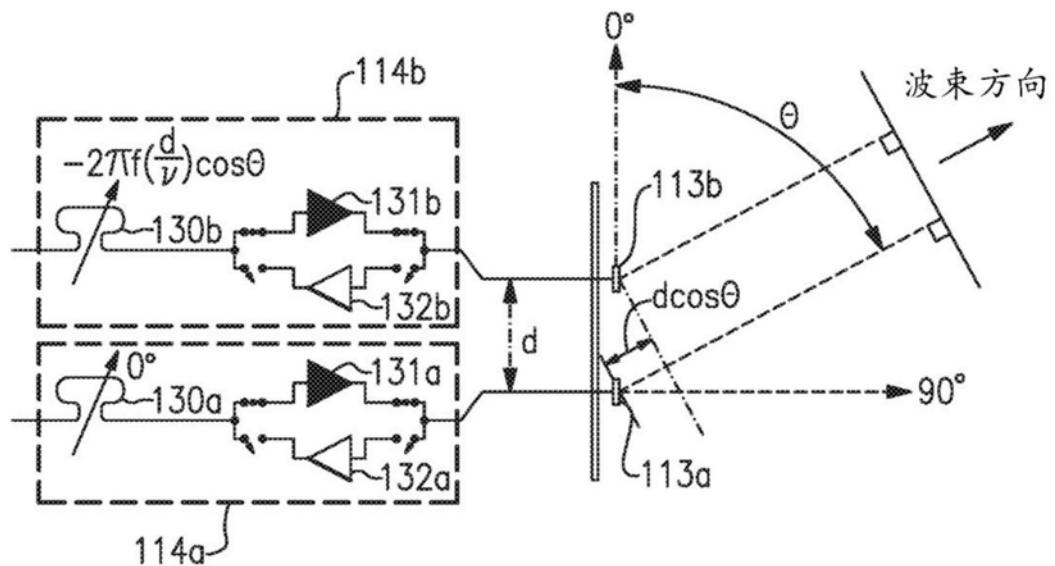


图3A

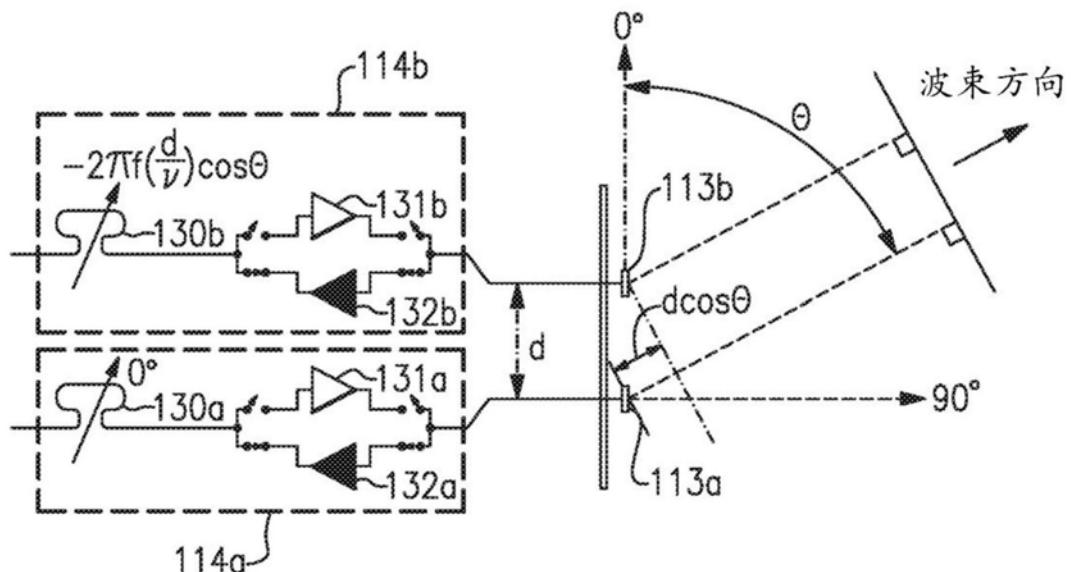


图3B

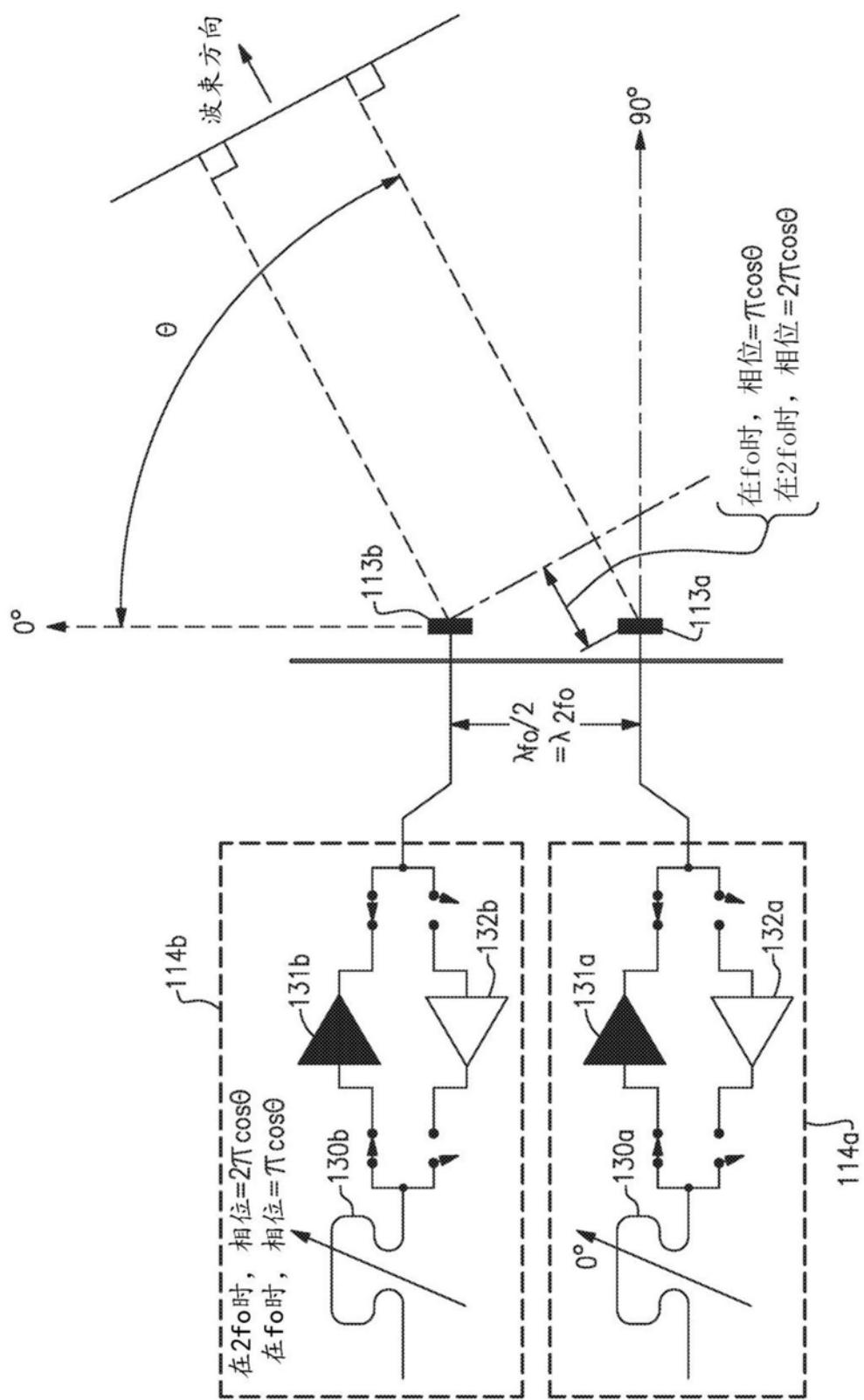


图3C

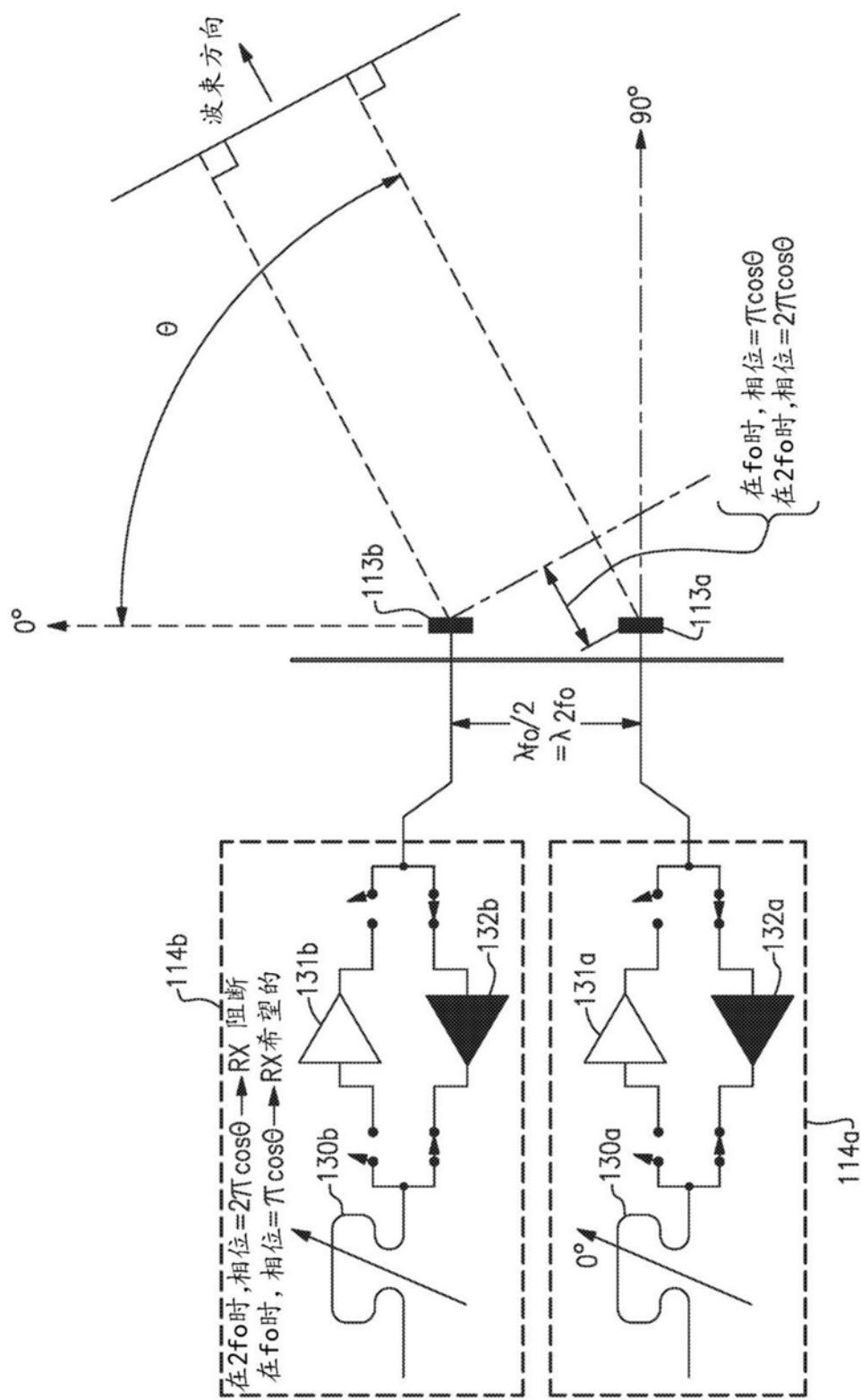


图3D

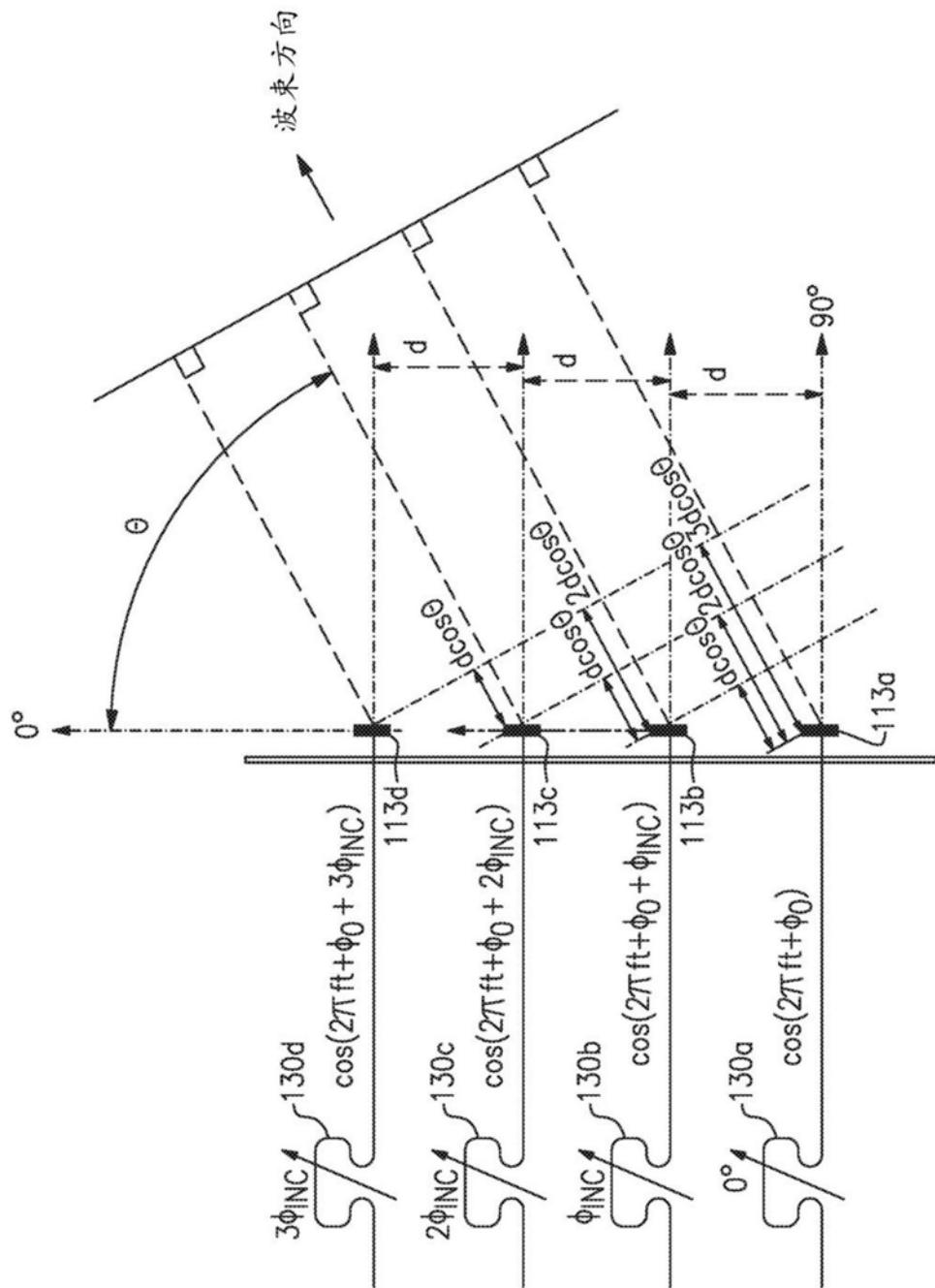


图3E

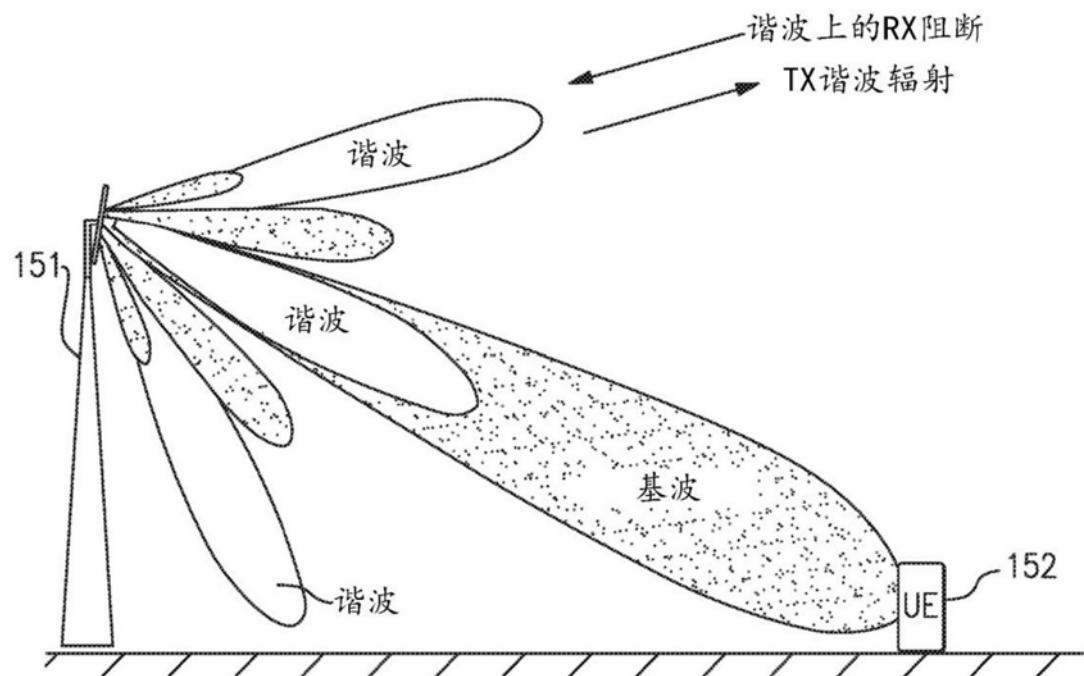


图4

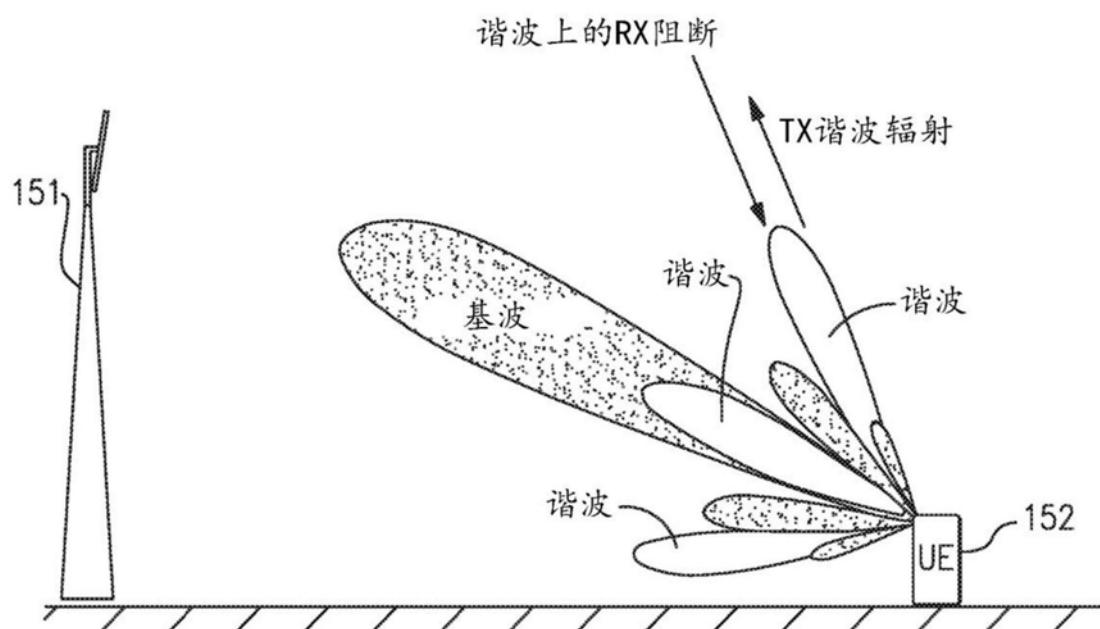


图5

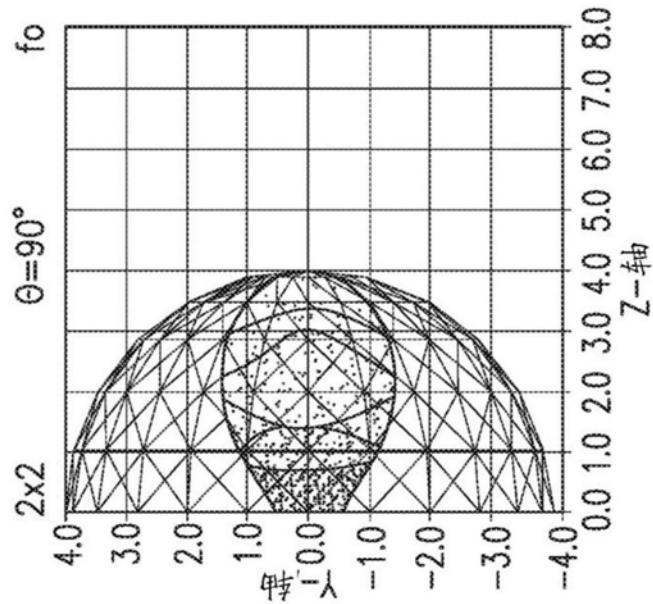


图6A

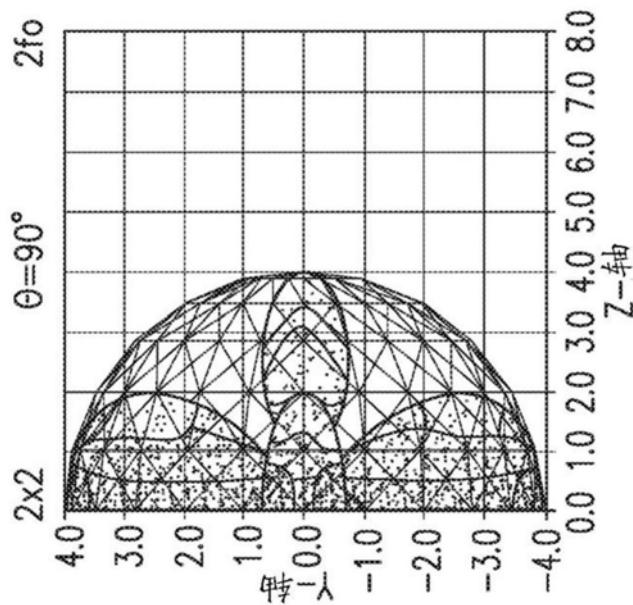


图6B

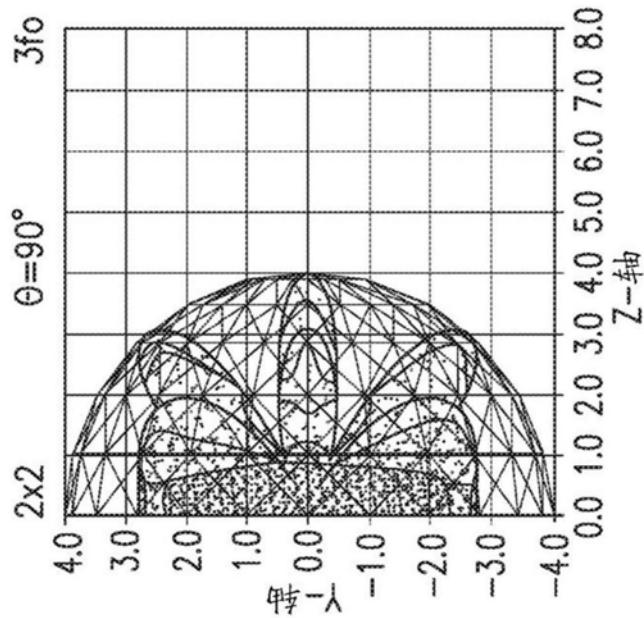


图6C

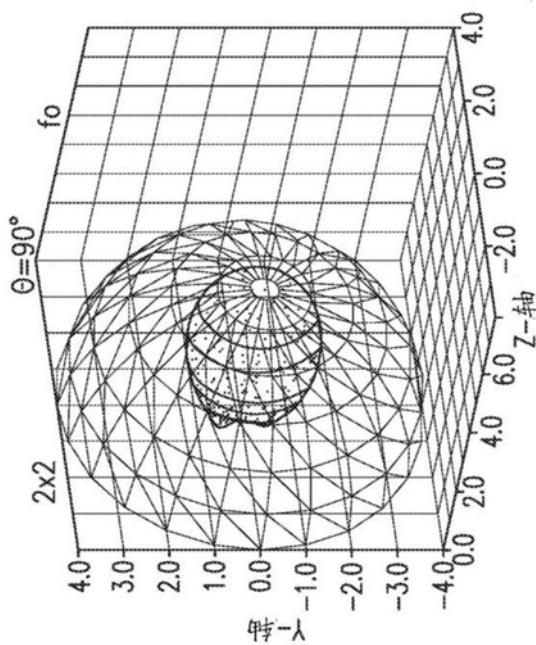


图7A

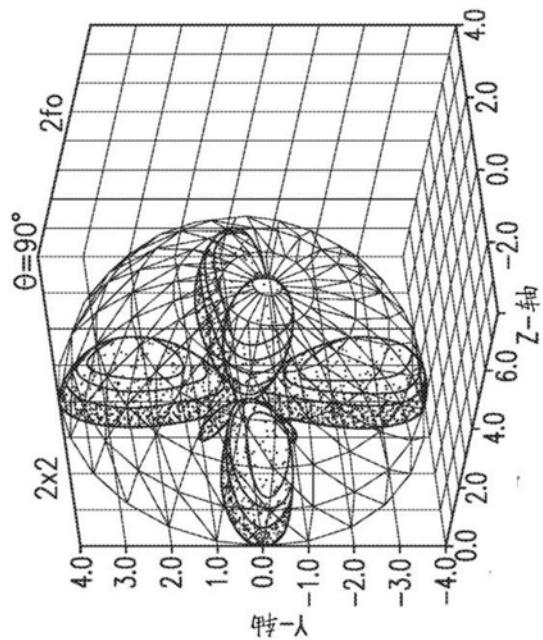


图7B

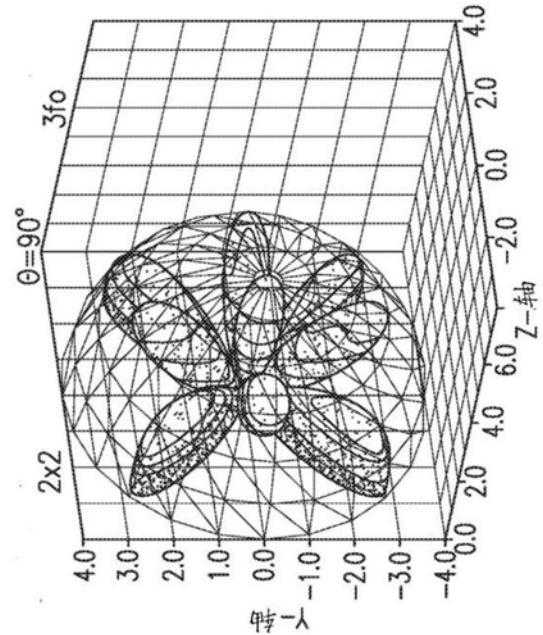


图7C

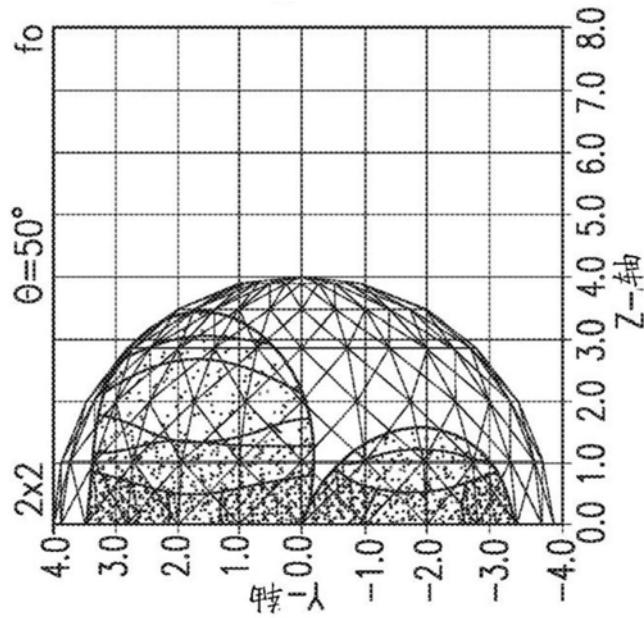


图8A

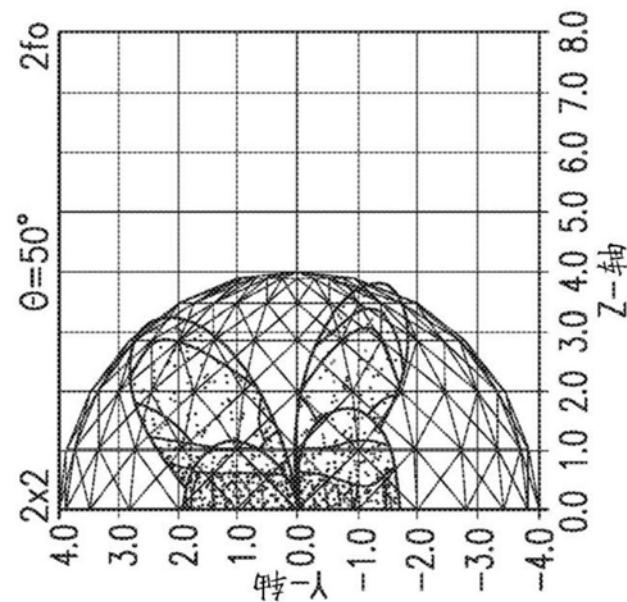


图8B

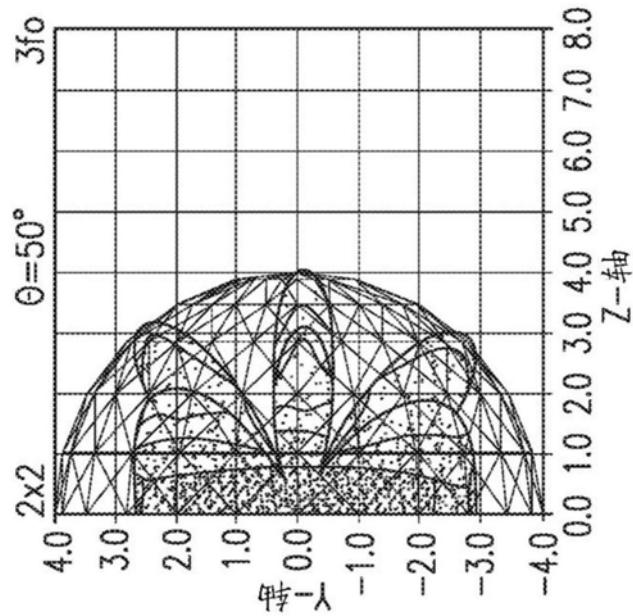


图8C

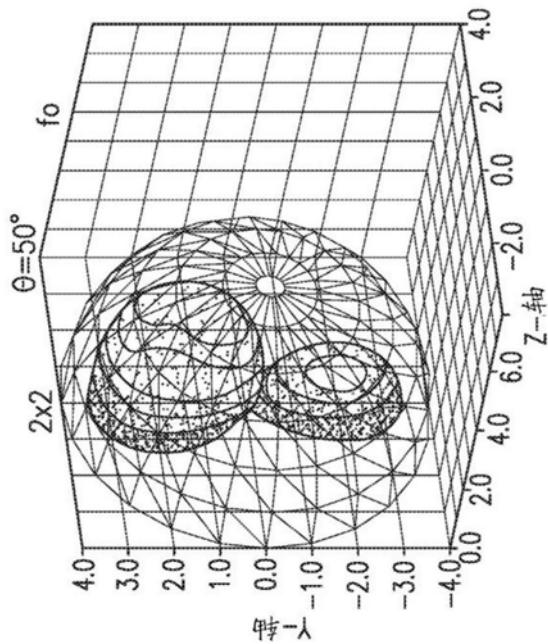


图9A

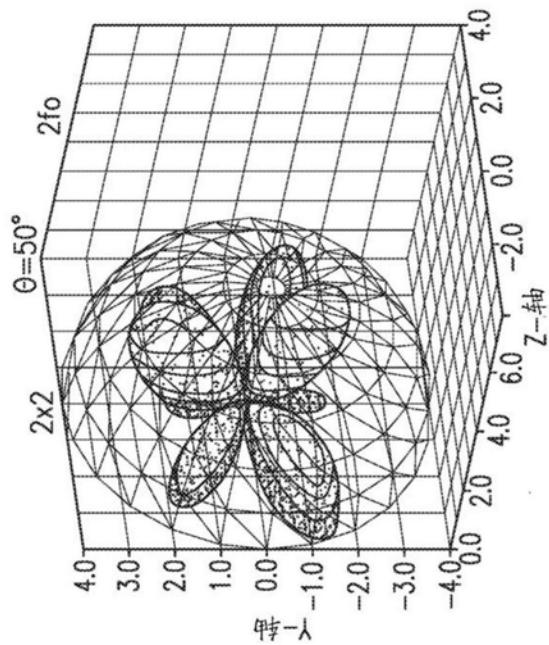


图9B

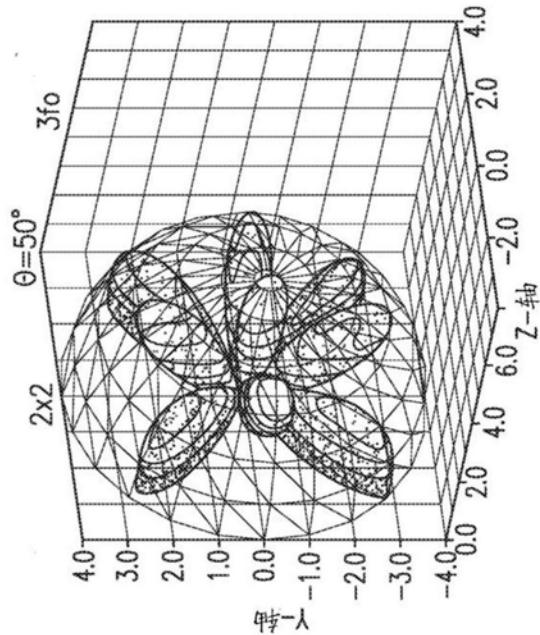


图9C

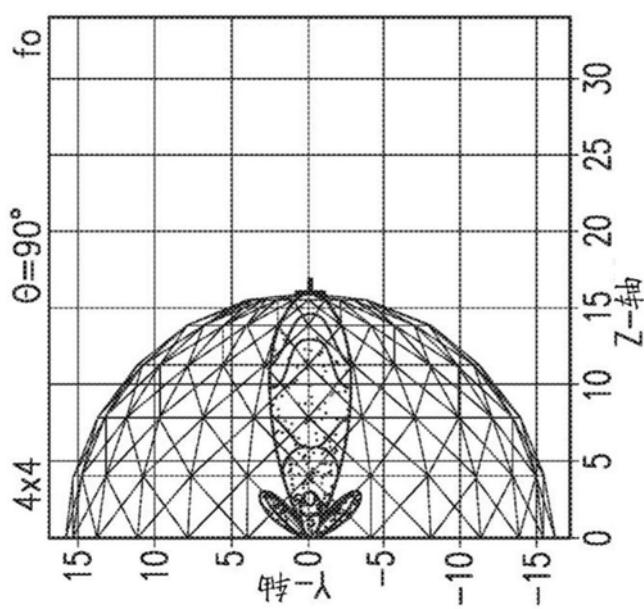


图10A

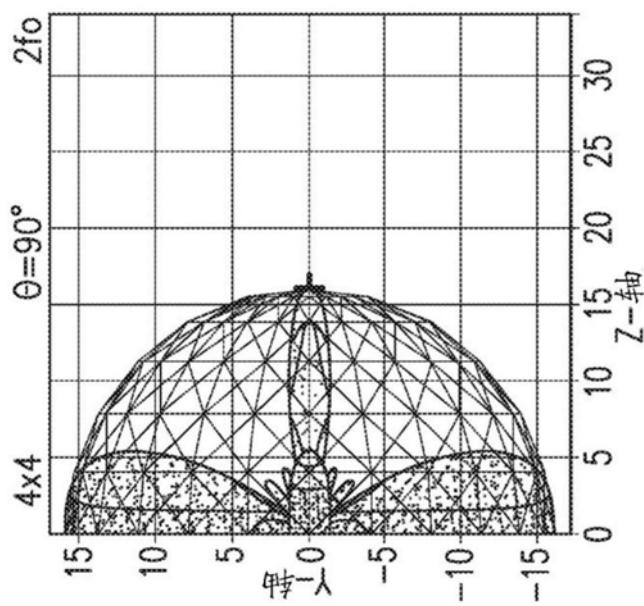


图10B

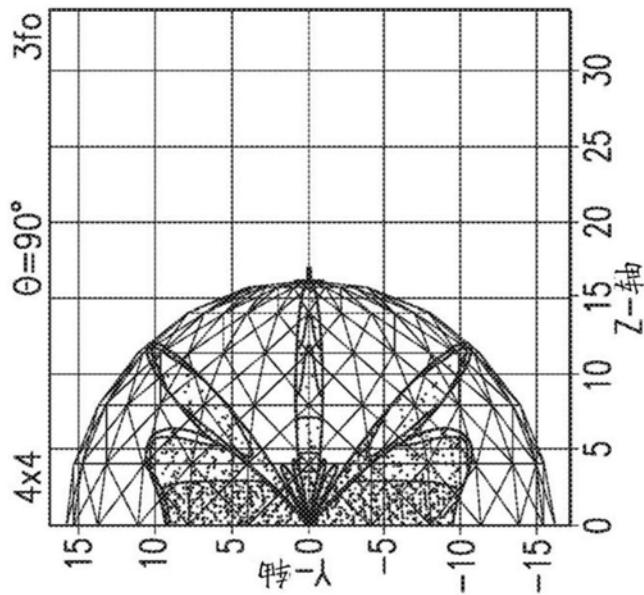


图10C

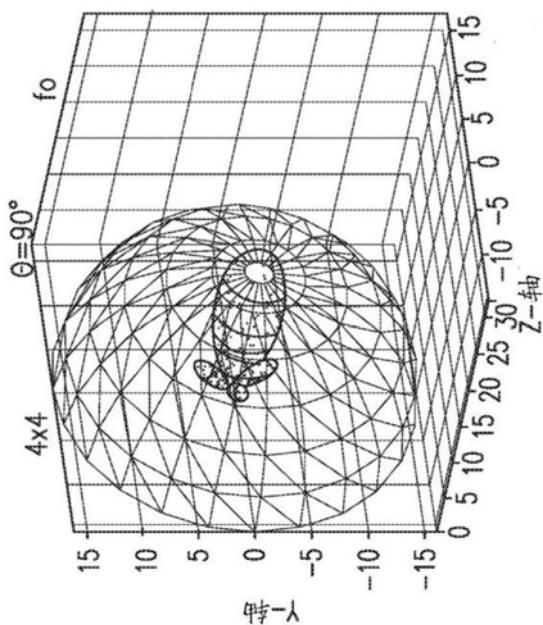


图11A

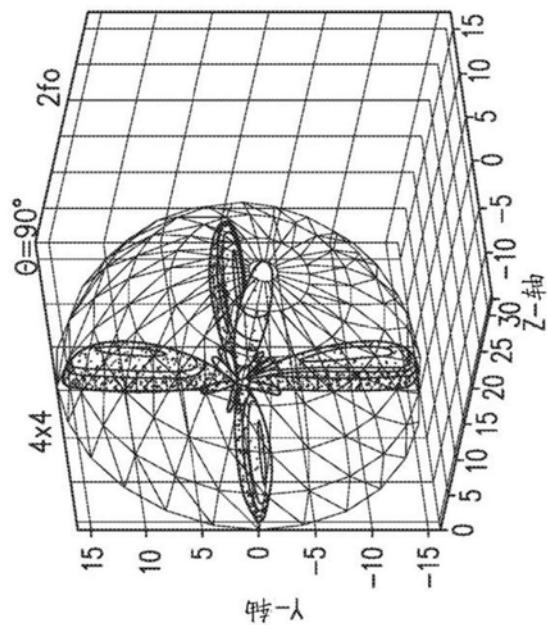


图11B

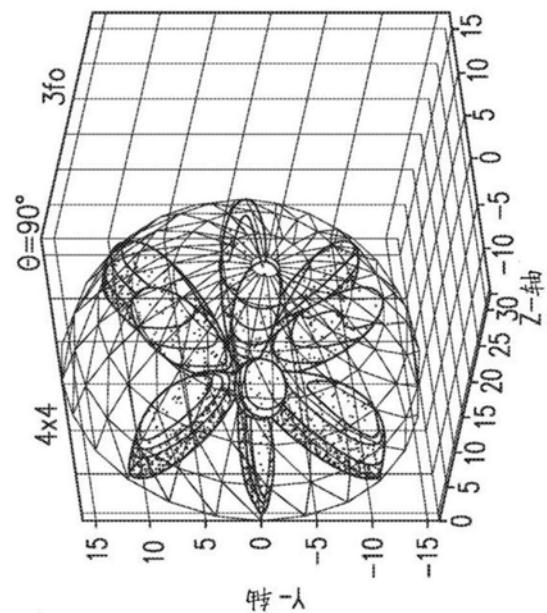


图11C

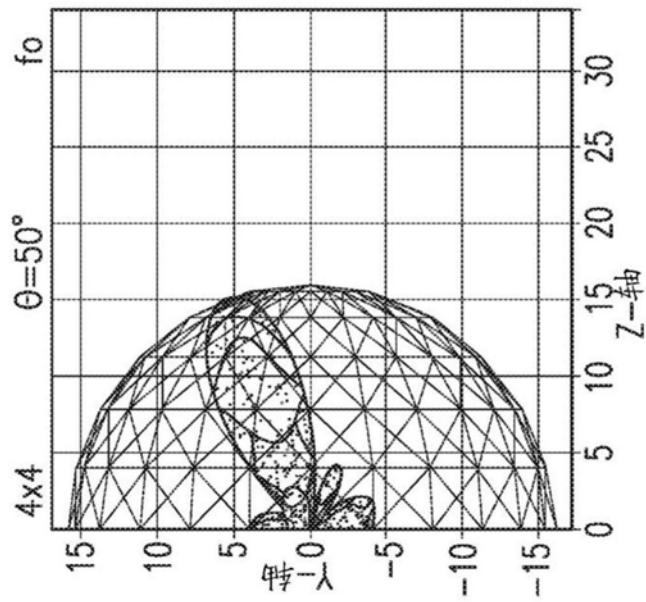


图12A

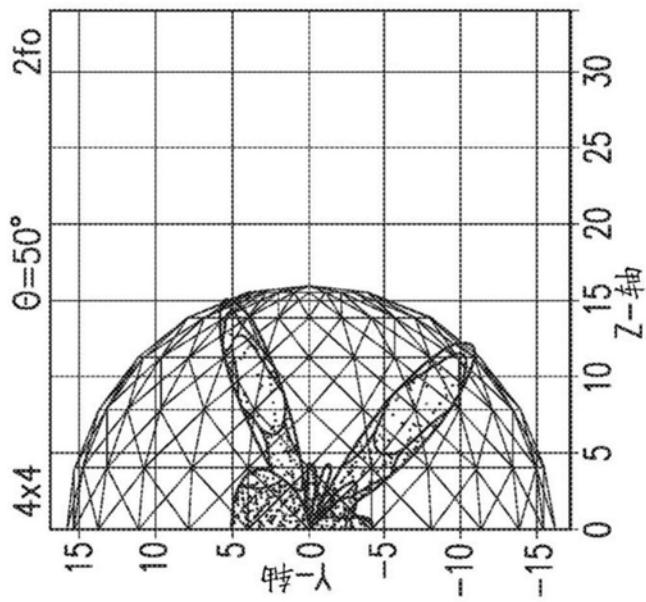


图12B

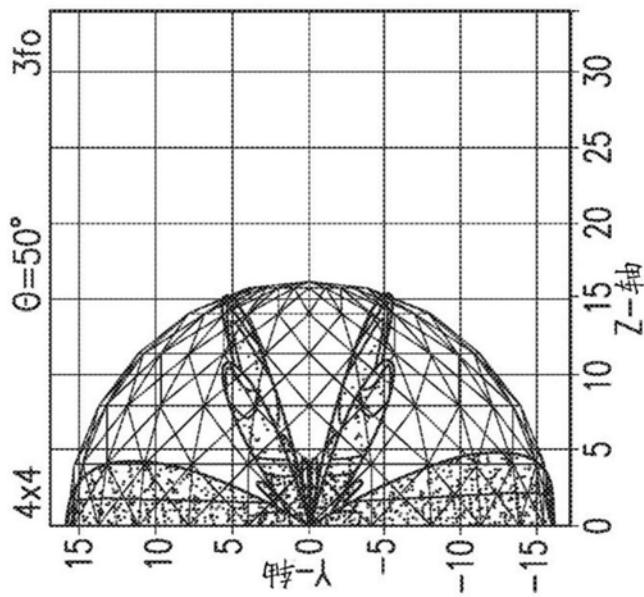


图12C

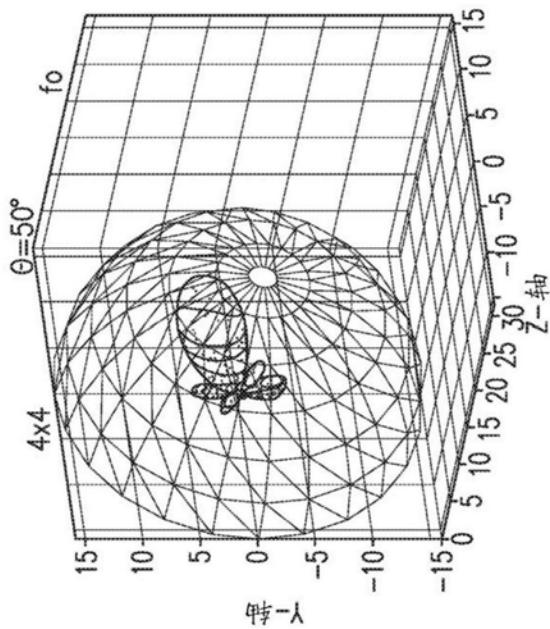


图13A

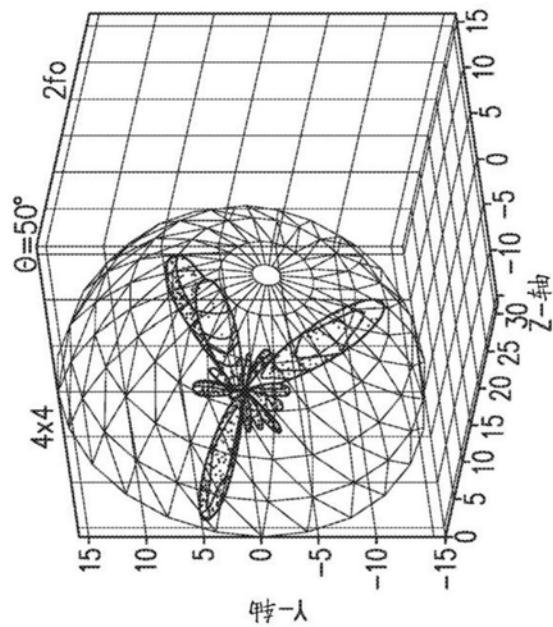


图13B

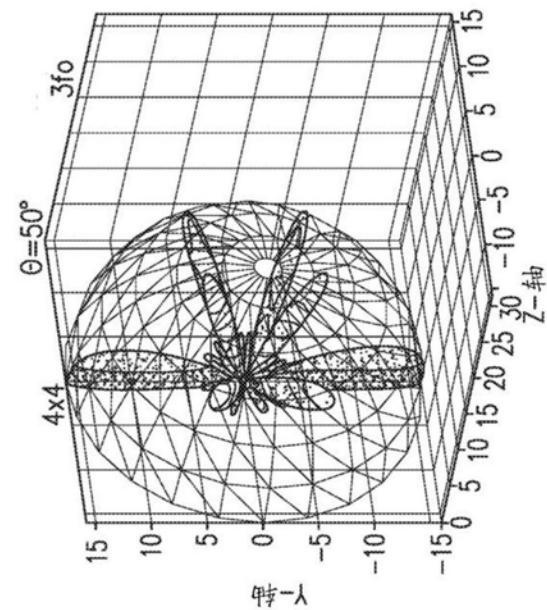


图13C

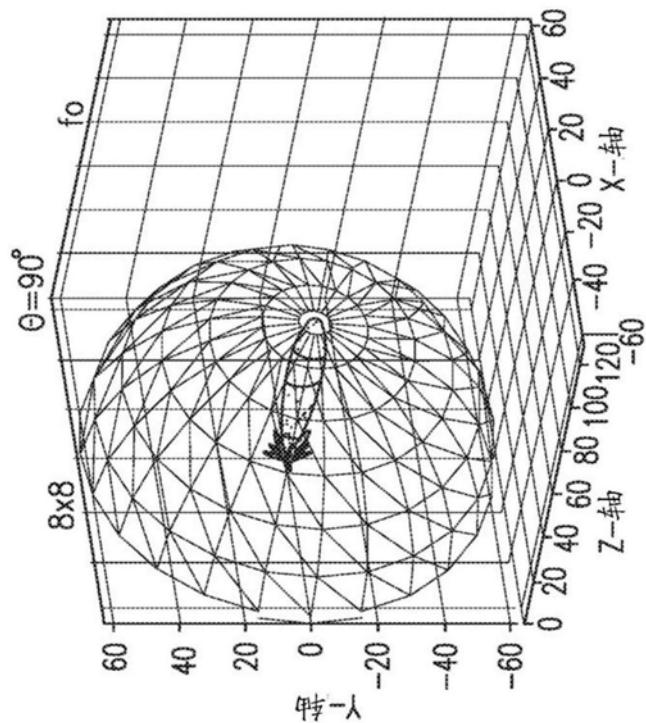


图14A

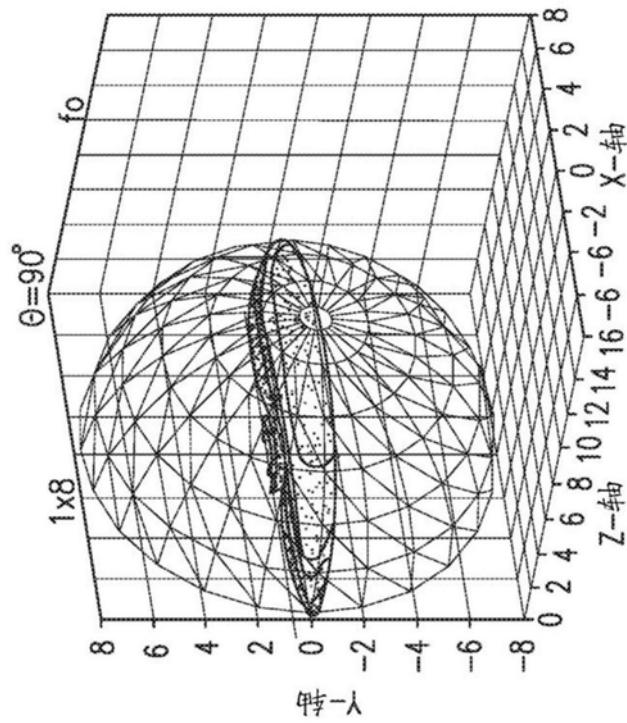


图14B

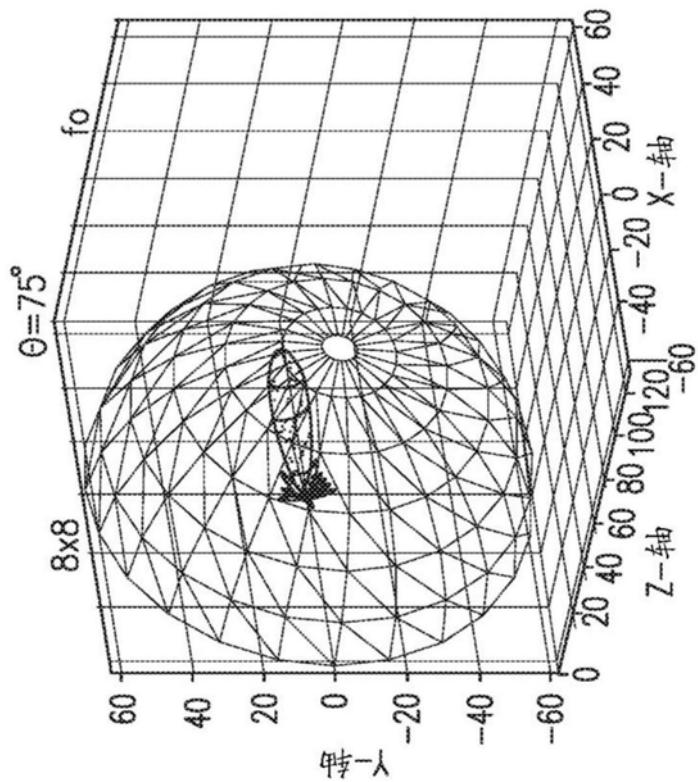


图15A

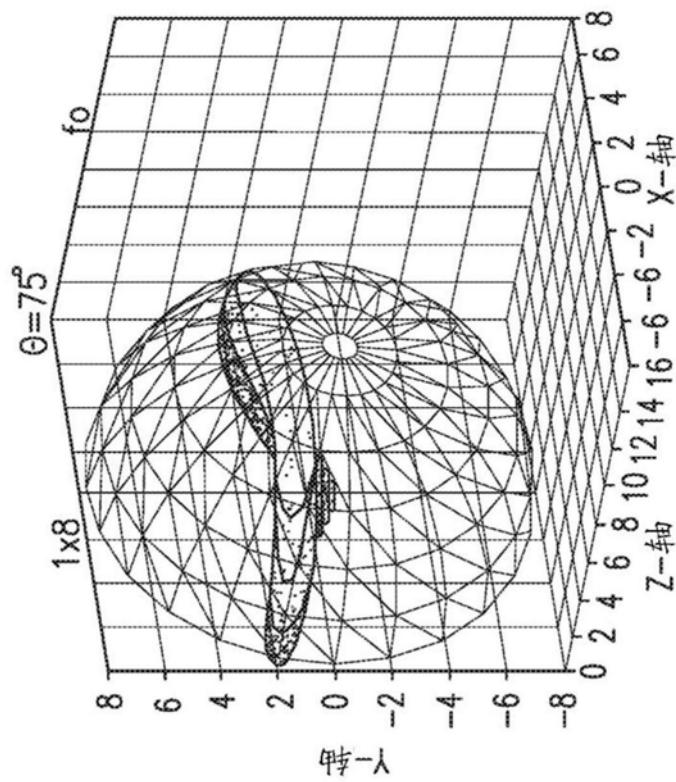


图15B

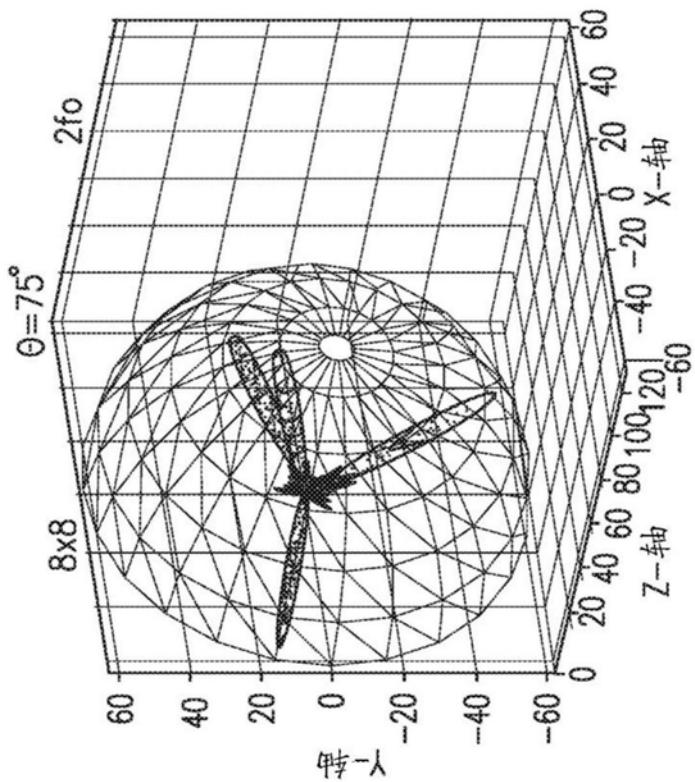


图16A

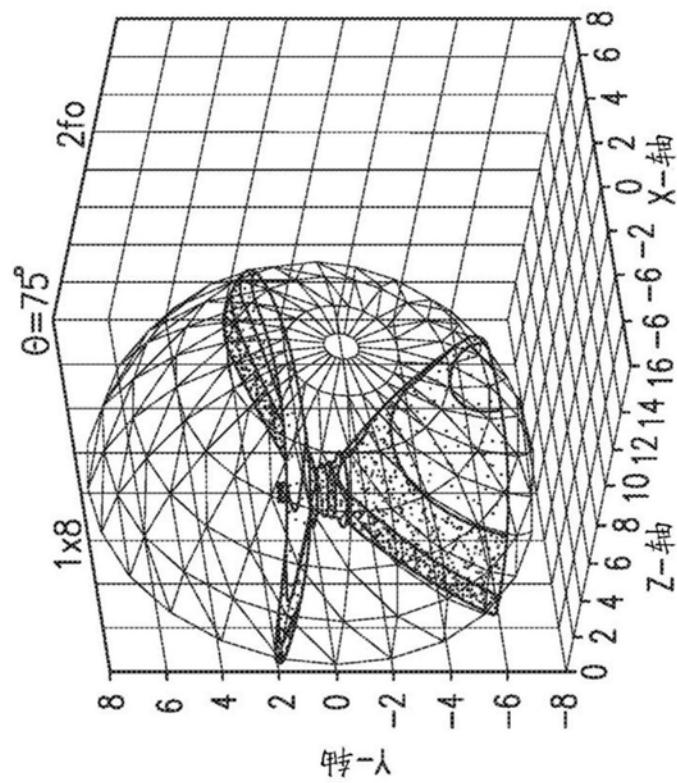


图16B

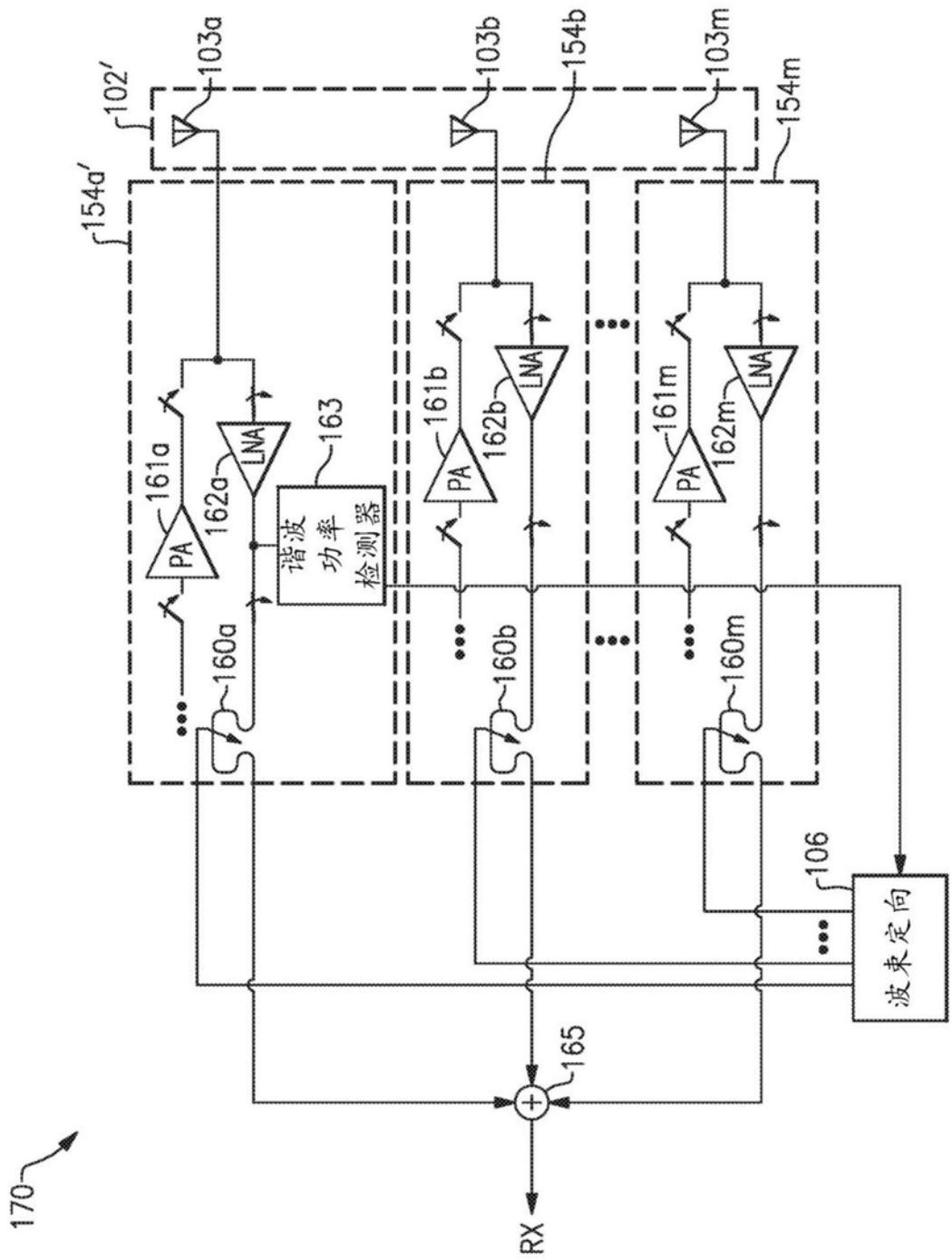


图17A

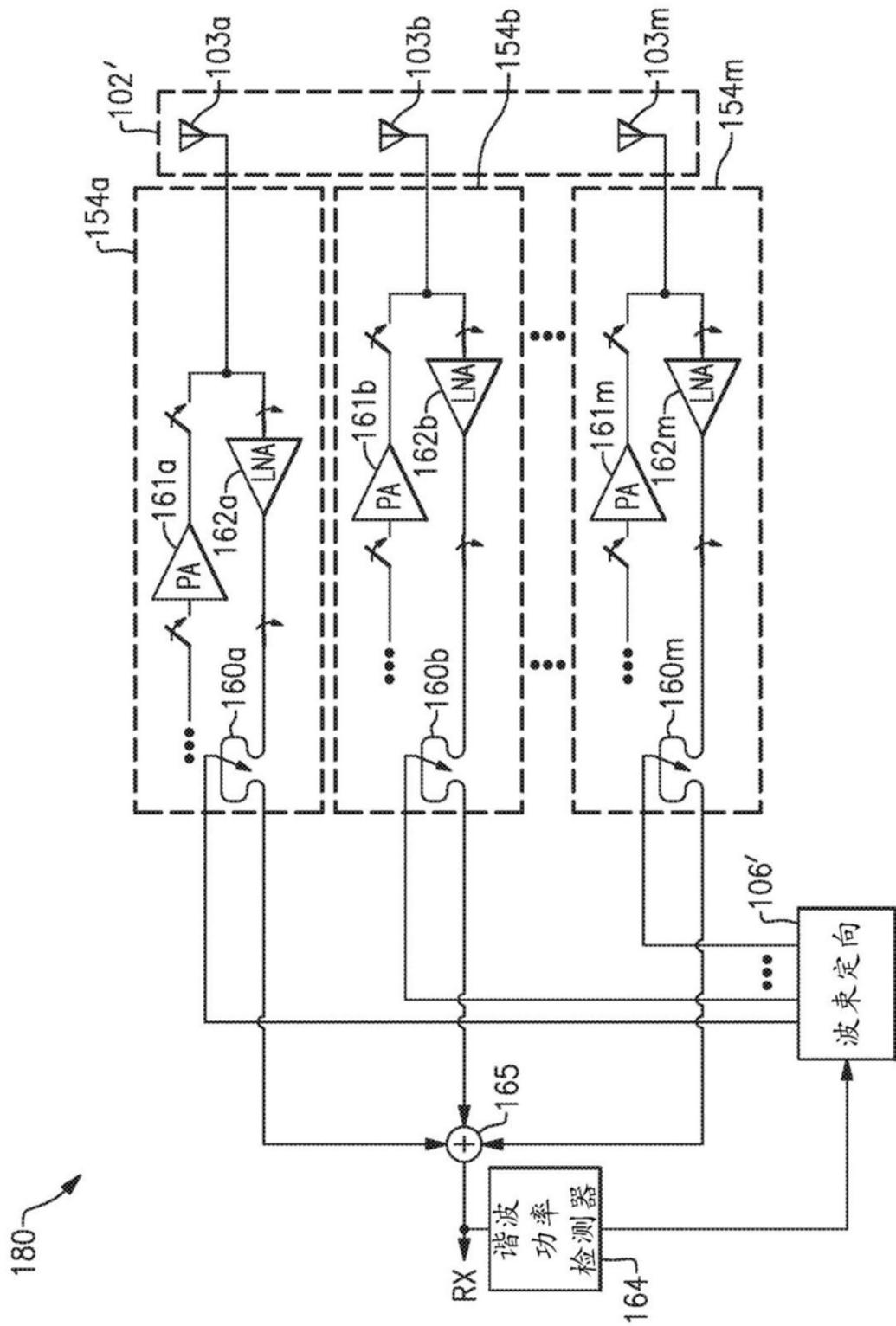


图17B

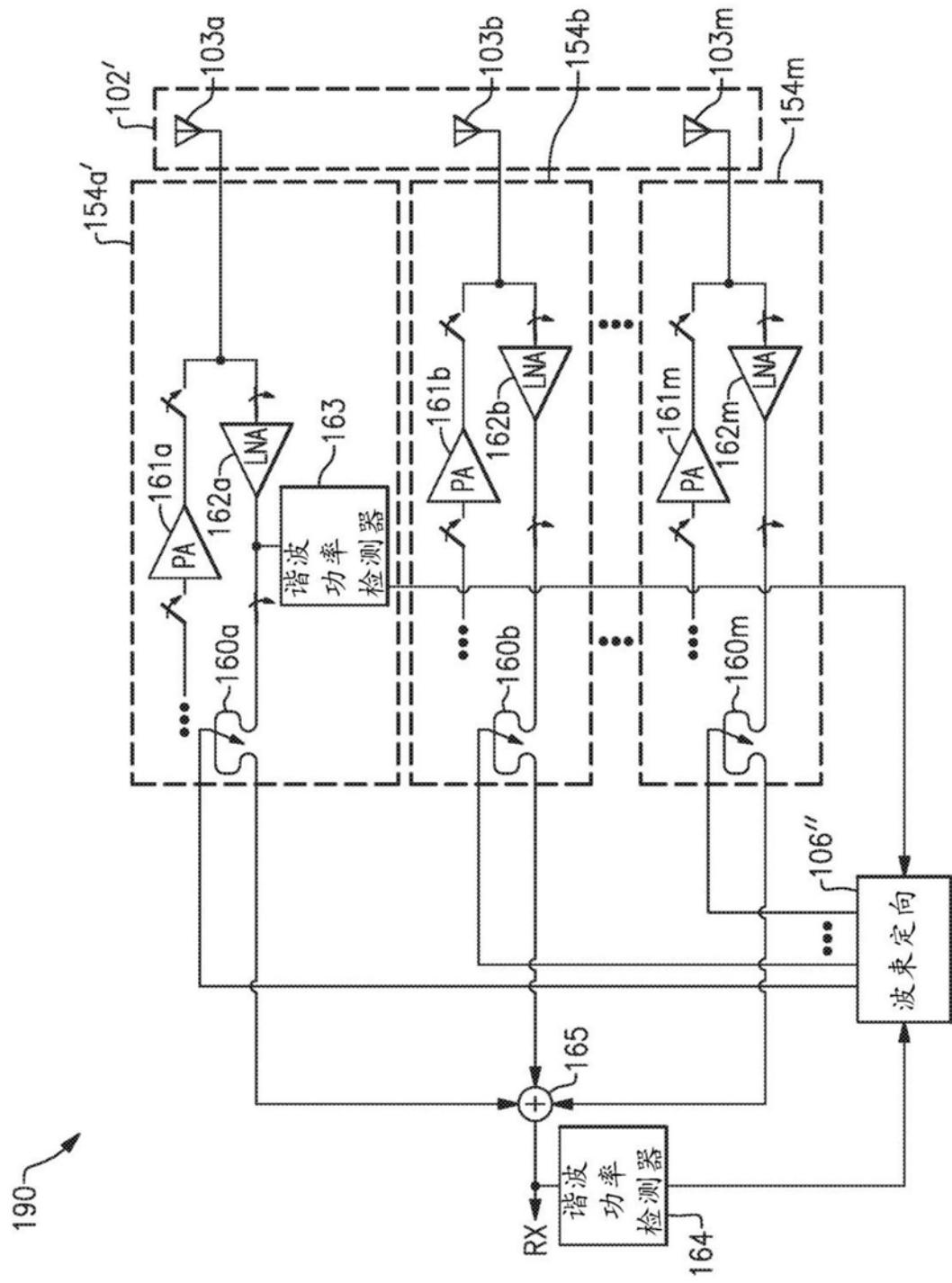


图17C

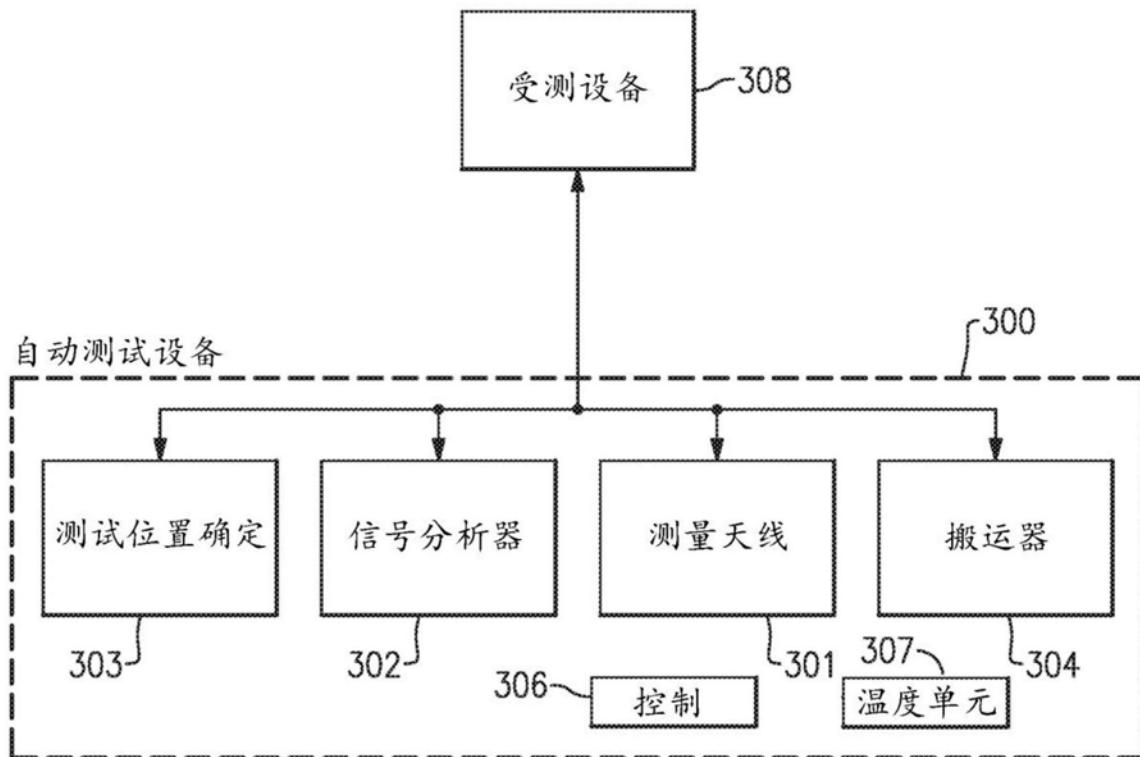


图18

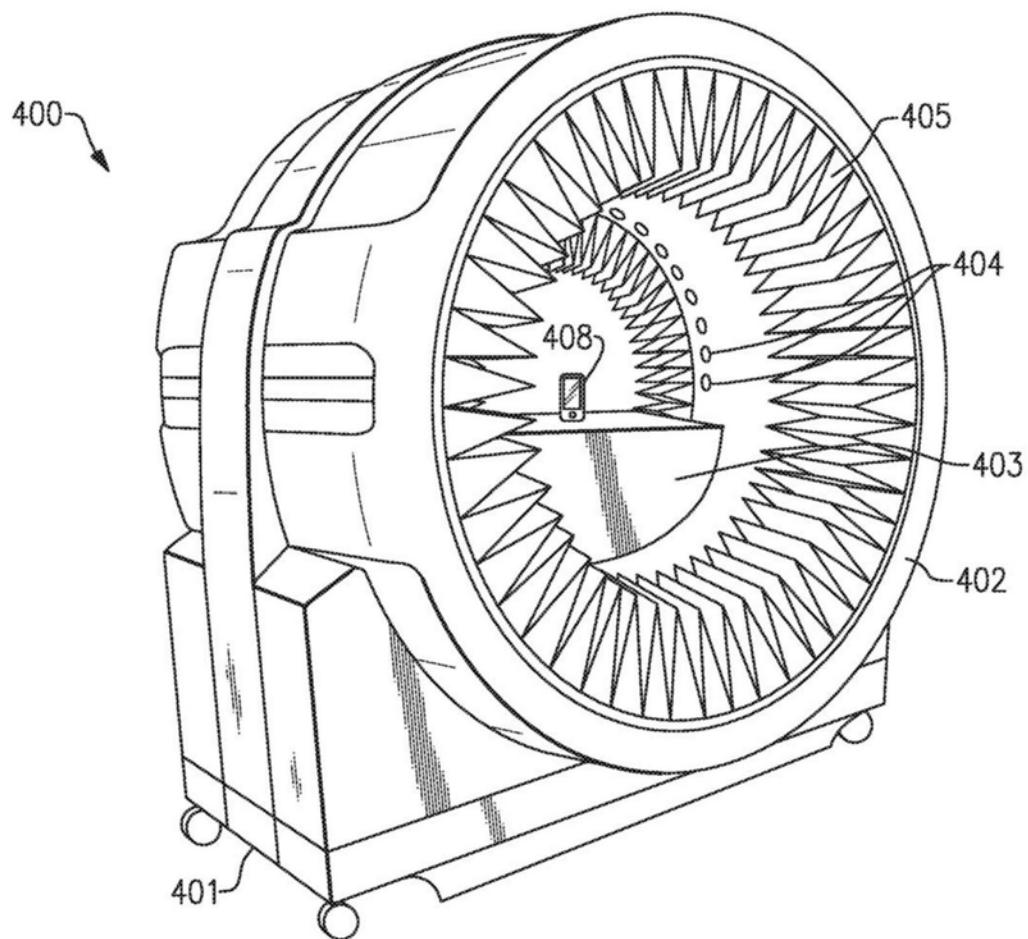


图19

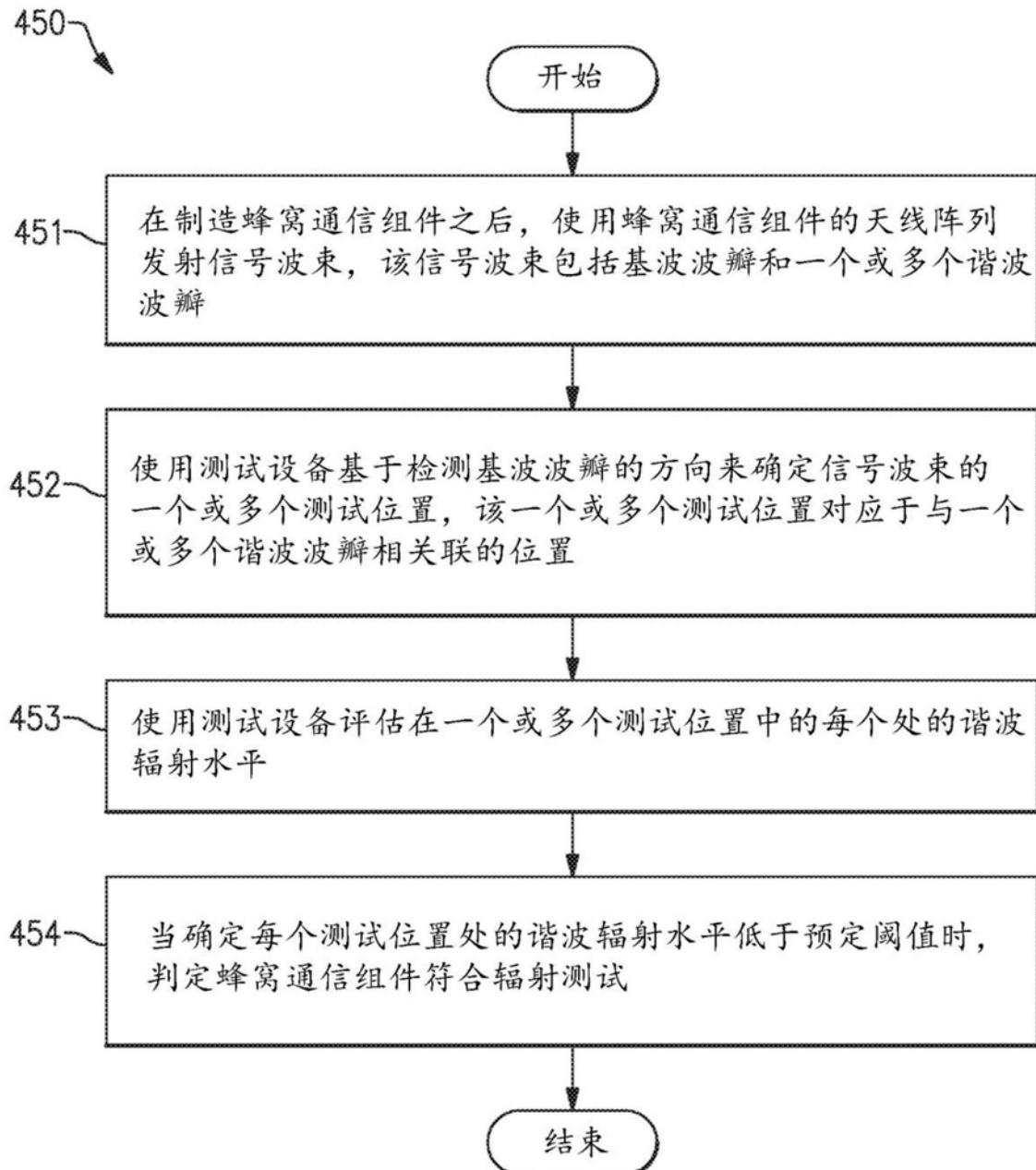


图20

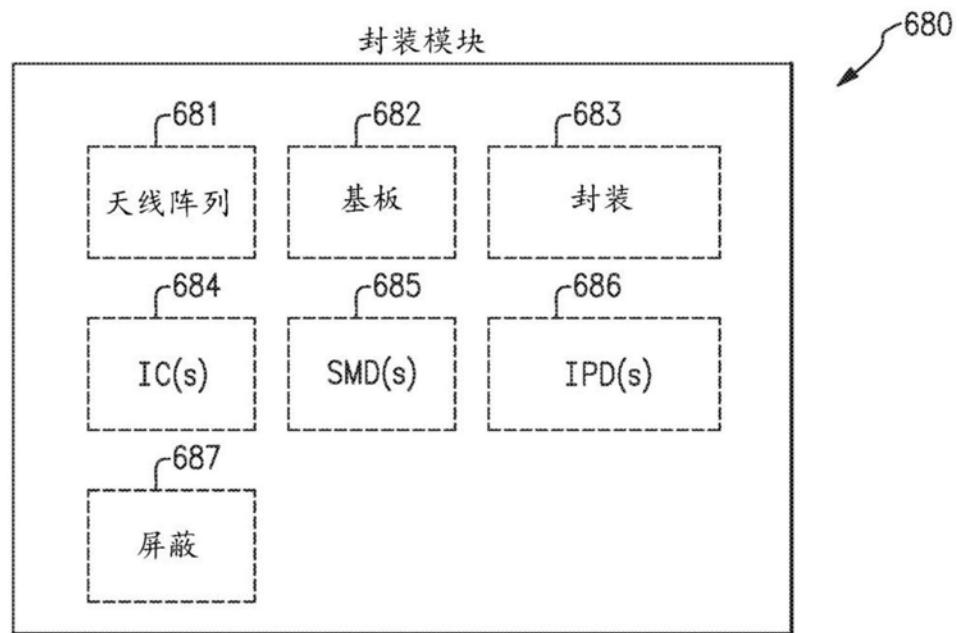


图21

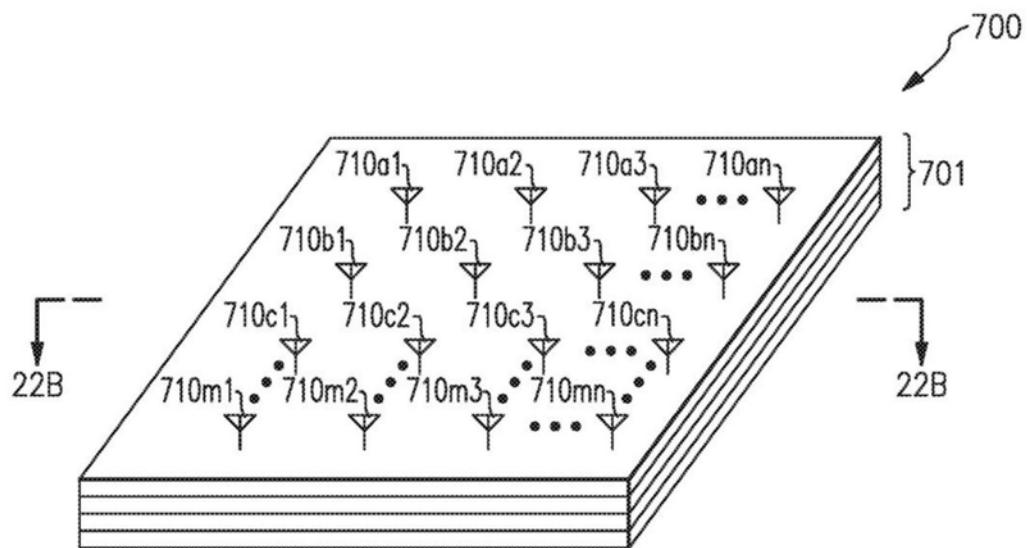


图22A

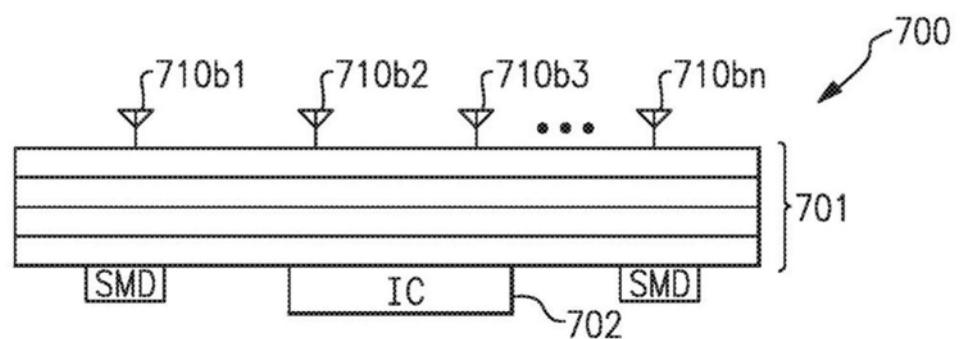


图22B

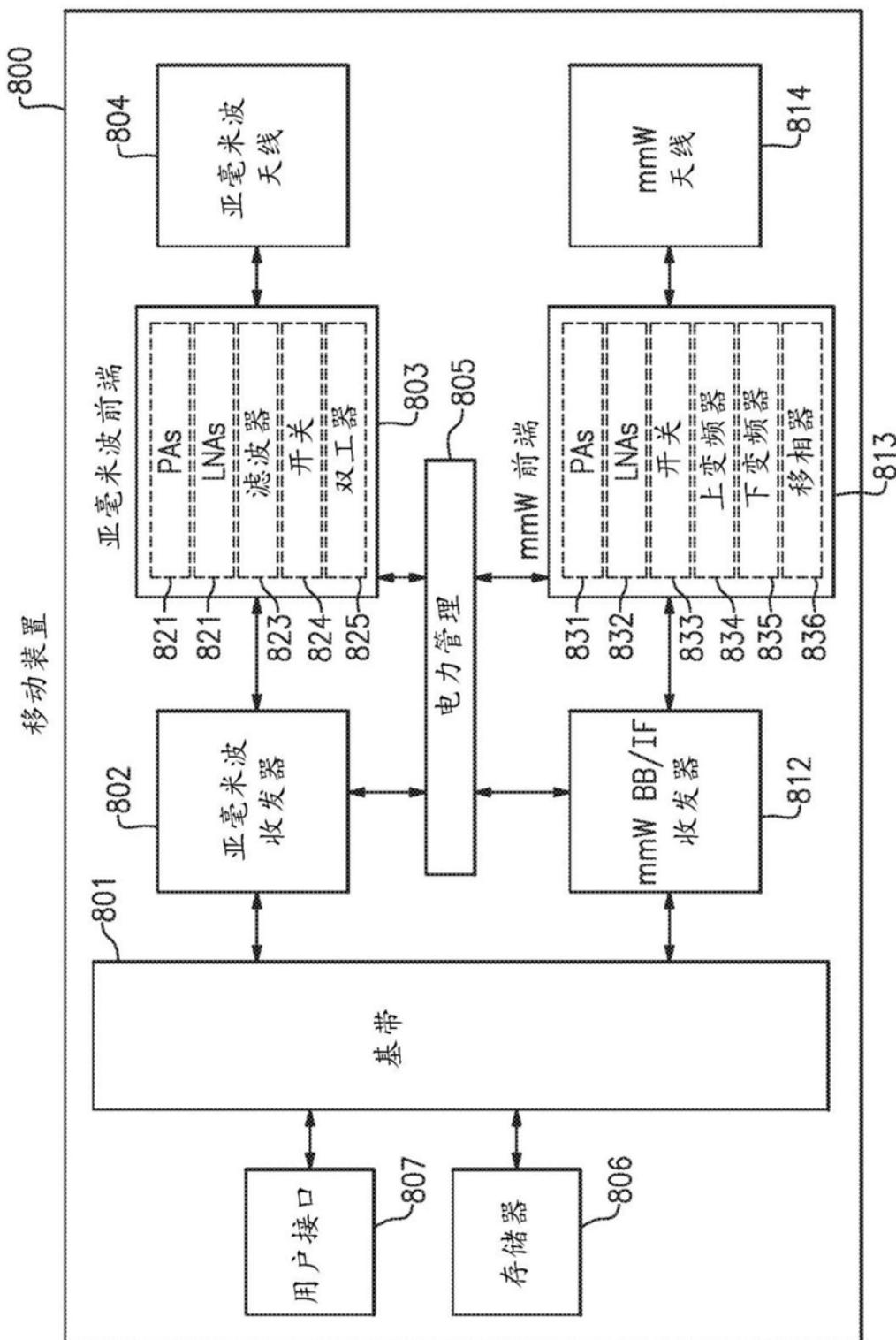


图 23