



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111246507 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 11

(21) 申请号 201811424934.2

H04B 17/391 (2015.01)

(22) 申请日 2018.11.27

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111246507 A

CN 106788791 A, 2017.05.31

CN 102857310 A, 2013.01.02

CN 102830298 A, 2012.12.19

(43) 申请公布日 2020.06.05

CN 102854401 A, 2013.01.02

CN 108347268 A, 2018.07.31

(73) 专利权人 中国信息通信研究院
地址 100191 北京市海淀区花园北路52号

审查员 韦小杰

(72) 发明人 张翔 潘冲 任雨鑫 吴翔 徐菲
魏贵明

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018
专利代理师 杜志敏 宋志强

(51) Int. Cl.

H04W 24/06 (2009.01)

H04B 17/00 (2015.01)

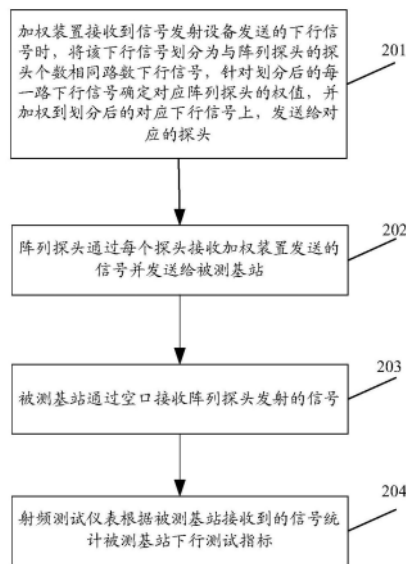
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种近场射频测试方法

(57) 摘要

本申请提供了一种近场射频测试方法,该方法包括:暗室中悬挂有阵列探头,且为该阵列探头设置一个加权装置,被测基站被置于暗室中与阵列探头正对的位置;加权装置接收到信号发射设备发送的下行信号时,将该下行信号划分为与阵列探头的探头个数相同路数下行信号,针对划分后的每一路下行信号确定对应阵列探头的权值,并加权到划分后的对应下行信号上,发送给对应的探头;阵列探头通过每个探头将对应加权后的信号发射;被测基站通过空口接收阵列探头发射的信号,并通过射频测试仪表统计被测基站在下行测试指标。该方法在测试成本低的情况下,提高了近场射频测试的精确性以及效率。



1. 一种近场射频测试方法,其特征在于,该方法包括:

暗室中悬挂有阵列探头,且为该阵列探头设置一个加权装置,被测基站被置于暗室中与阵列探头正对的位置;

加权装置接收到信号发射设备发送的下行信号时,将该下行信号划分为与阵列探头的探头个数相同路数下行信号,针对划分后的每一路下行信号确定对应阵列探头的权值,并加权到划分后的对应下行信号上,发送给对应的探头;

阵列探头通过每个探头将对应加权后的信号发射;

被测基站通过空口接收阵列探头发射的信号,并通过射频测试仪表统计被测基站下行测试指标;

其中,确定的权值W为:

$$\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_{m \cdot n}, \dots, w_{M \cdot N}) = \begin{bmatrix} \Delta\gamma_{1,1} & \Delta\gamma_{1,2} & \dots & \Delta\gamma_{1,M \cdot N} \\ \Delta\gamma_{2,1} & \Delta\gamma_{2,2} & \dots & \Delta\gamma_{2,M \cdot N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta\gamma_{p \cdot q,1} & \Delta\gamma_{p \cdot q,2} & \dots & \Delta\gamma_{p \cdot q,M \cdot N} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Delta\phi_1 \\ \Delta\phi_2 \\ \dots \\ \Delta\phi_{p \cdot q} \\ \dots \\ \Delta\phi_{p \cdot q} \end{bmatrix},$$

其中, $[\]^{-1}$ 表示矩阵求逆; $w_{m \cdot n}$ 表示针对第m行,第n列的探头所确定的权值; $\Delta\gamma_{p \cdot q, m \cdot n}$ 表示第m行,第n列的探头到采样点(p,q)的幅度和相位的矢量差; $\Delta\phi_{p \cdot q}$ 为采样点(p,q)相比采样点(1,1)的远场相位差; $1 \leq m \leq M, 1 \leq n \leq N, 1 \leq p \leq P, 1 \leq q \leq Q$; P为沿z轴方向的采样点的个数, Q为沿x轴方向的采样点的个数, M为阵列探头的行数, N为阵列探头的列数。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括:

被测基站发送上行信号;

阵列探头接收到被测基站发送的上行信号时,将接收到的上行信号送入加权装置;

加权装置针对接收到的阵列探头中每个探头发送的上行信号确定对应的权值,并加权到对应的上行信号;将加权后的各上行信号合路为一路上行信号,发送给射频测试仪表;

射频测试仪表根据接收到的上行信号进行上行测试指标统计。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,

$$\Delta\gamma_{p \cdot q, m \cdot n} = \frac{e^{\frac{j2\pi}{\lambda} \cdot \Delta\mu_{p \cdot q, m \cdot n}}}{\Delta\mu_{p \cdot q, m \cdot n}}, \text{其中, } \Delta\mu_{p \cdot q, m \cdot n} \text{ 为阵列探头中第m行,第n列的探头到采样点(p,q)}$$

的距离;

$$\Delta\phi_{p \cdot q} = \frac{-j2\pi}{\lambda} \cdot ((p-1) \cdot \Delta z' \cdot \cos\theta + (q-1) \cdot \Delta x' \cdot \cos\varphi), \text{其中, } \varphi \text{ 为被测基站xy平面入射角}$$

度, θ 为被测基站xz平面入射角度; $\Delta z'$ 为z轴方向相邻两个采样点的间距; $\Delta x'$ 为沿x轴方向相邻两个采样点的间距。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括:

当所述阵列探头使用单极化天线,且针对被测基站进行射频相关指标测试时,将被测基站的长边平行于y轴进行测试或被测基站的宽边平行于y分别进行测试;

或,使用两组方向垂直的阵列探头分别测试。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,

所述被测基站通过测试轨道被传送至暗室中与阵列探头正对的位置,其中,测试轨道与阵列探头平行。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述暗室为圆柱状暗室或矩形暗室,壁内侧粘贴吸波材料。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,

被测基站与阵列探头的相位中心距离为 d , $d > 10 \cdot \lambda$,其中 λ 为被测系统的波长;其中,天线阵列的相位中心为天线阵列的物理中心;被测基站的相位中心为被测基站的物理中心。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,

加权装置为调相网络设备,或固定幅度相位夹具,其一侧通过 L 个端口与阵列探头的探头一一对应,其中, L 为阵列探头的探头个数。

9. 根据权利要求1-8任一项所述的方法,其特征在于,

通过调整权值,或在暗室中增加阵列探头来进行不同发射或接收角度的测试。

一种近场射频测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及无线通信技术领域,特别涉及一种近场射频测试方法。

背景技术

[0002] 移动互联网的发展使得无线网络流量呈爆炸性增长。新一代5G(第五代)移动技术需要在有限的频段内实现更高的频谱效率,以提升小区容量和用户体验速率。3GPP(第三代伙伴计划)讨论并引入了Massive(大规模)MIMO(多输入多输出)技术,6GHz以下频段基站通过采用64阵子、128或192天线的配置,同时并行传输高达16流的独立数据,相比传统的第四代移动通信技术,在不增加系统带宽的情况下,基站的峰值速率提升8倍。而5G引入的毫米波无线通信设备,通过采用更高频段、更大带宽与Massive MIMO技术,可实现峰值速率的进一步抬升。

[0003] 传统无线基站的OTA(空中接口)测试多采用无源方式,通过远场直接测试、或近场测试后数学变换的方式,得到被测件的方向图、前后比等指标。由于5G设备射频单元与天线的连接更紧密,特别是毫米波设备无法单独拆分天线器件,所以传统无源测试方式无法直接用于5G基站。

[0004] 由于上述原因,Massive MIMO的射频测试采用OTA方式已逐渐成为共识。测试指标包括传统天线OTA指标,如:测试发射功率、接收灵敏度、增益、方向性、波瓣宽度、前后比等,还包括传统采用传导手段测试的射频指标,如EVM、ACLR、OBUE等。3GPP规定的5G基站设备测试可采用3种测试场地方案:

[0005] (1) 远场:被测基站设备与测试探头的测试距离超过 $2D^2/\lambda$,其中D为被测基站天线的口面尺寸, λ 为被测基站的波长。通过较长的测试距离,使得测试探头在被测基站附近形成准平面波效果。由于低频5G基站体积巨大,以3.5GHz频段的5G基站为例,通过 $2D^2/\lambda$ 计算的远场暗室长度将超过70米,测试成本将及其昂贵。

[0006] (2) 紧缩场:为了减少暗室尺寸,紧缩场引入了抛物面形状的反射面,通过反射面的反射实现平面波效果。以测试3.5GHz频段的5G基站为例,紧缩场长度约为12米。并且要求恒温恒湿。随相比远场成本大幅下降,但仍价格昂贵,维护要求高。

[0007] (3) 近场:被测基站和测试探头距离进一步拉近,测试探头测量出近场非平面波结果,通过数学方法进行平面波拟合。因此,近场方案严格依赖于近远场变换算法,3GPP并没有规定此算法,并且业界尚未提供5G近场射频测试方案。

发明内容

[0008] 有鉴于此,本申请提供一种近场射频测试方法,在测试成本低的情况下,提高了近场射频测试的精确性以及效率。

[0009] 为解决上述技术问题,本申请的技术方案是这样实现的:

[0010] 一种近场射频测试方法,该方法包括:

[0011] 暗室中悬挂有阵列探头,且为该阵列探头设置一个加权装置,被测基站被置于暗

室中与阵列探头正对的位置；

[0012] 加权装置接收到信号发射设备发送的下行信号时,将该下行信号划分为与阵列探头的探头个数 L 相同路数下行信号,针对划分后的每一路下行信号确定对应阵列探头的权值,并加权到划分后的对应下行信号上,发送给对应的探头；

[0013] 阵列探头通过每个探头将对应加权后的信号发射；

[0014] 被测基站通过空口接收阵列探头发射的信号,并通过射频测试仪表统计被测基站下行测试指标。

[0015] 由上面的技术方案可知,本申请中被测基站被置于暗室中与阵列探头针对的位置,且每个阵列探头对应一个加权装置用于对信号进行加权,在不改变基站和阵列探头的位置的情况下,进行多个来波方向被测基站的指标的测试。该方案在测试成本低的情况下,提高了近场射频测试的精确性以及效率。

附图说明

[0016] 图1为本申请实施例中近场射频测试系统示意图；

[0017] 图2为本申请实施例中针对基站下行指标的近场射频测试流程示意图；

[0018] 图3为本申请实施例中针对基站上行指标的近场射频测试流程示意图；

[0019] 图4为使用本申请提供的技术方案获得的被测基站天线面不同位置的功率误差示意图；

[0020] 图5为使用本申请提供的技术方案获得的被测基站天线面不同位置的相位误差示意图。

具体实施方式

[0021] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,下面结合附图并举实施例,对本发明的技术方案进行详细说明。

[0022] 本申请实施例中提供一种近场射频测试方法,应用于5G系统中,被测基站被置于暗室中与阵列探头针对的位置,且每个阵列探头对应一个加权装置用于对信号进行加权,在不改变基站和阵列探头的位置的情况下,进行多个来波方向被测基站的指标的测试。该方案在测试成本低的情况下,提高了近场射频测试的精确性以及效率。

[0023] 本申请实施例中近场射频测试所基于的5G系统包括:暗室、阵列探头、被测基站、加权装置和信号收发测试仪。

[0024] 这里的暗室可以为圆柱状暗室或矩形暗室,但不限于圆柱状暗室或矩形暗室,暗室的壁内侧粘贴吸波材料。

[0025] 暗室内可以挂接一个或多个阵列探头,用于对一个或多个被测基站进行指标测试,挂接多个阵列探头时,各阵列探头之间的距离使各阵列探头之间不进行影响为准。

[0026] 阵列探头可以为单极化天线,也可以为双极化天线,若采用单极化天线,且针对被测基站进行射频相关指标测试时,将被测基站的长边平行于 y 轴进行测试,并将被测基站的宽边平行于 y 分别进行测试；

[0027] 或,使用两组方向垂直的阵列探头分别测试。

[0028] 在测试前暗室中悬挂有阵列探头,且为该阵列探头设置一个加权装置,被测基站

被置于暗室中与阵列探头正对的位置即可。

[0029] 上述5G系统还可以包括：测试轨道；

[0030] 被测基站通过测试轨道被传送至暗室中与阵列探头正对的位置，其中，测试轨道与阵列探头平行。

[0031] 参见图1，图1为本申请实施例中近场射频测试系统示意图。

[0032] 本申请实施例中以垂直水平面的方向为y轴，水平面由x轴和z轴组成为例，实际测试中不限于图1中所示基站与阵列探头的相对位置，也可以是在x轴方向上正对。

[0033] 被测基站与阵列探头的相位中心距离为d， $d > 10 \cdot \lambda$ ，其中， λ 为被测系统的波长；天线阵列的相位中心为天线阵列的物理中心；被测基站的相位中心为被测基站的物理中心。

[0034] 如图1中假设被测基站的相位中心坐标为(0,0,0)，则阵列探头的相位中心作为为(0,d,0)。

[0035] 加权装置可以为调相网络设备，也可以为固定幅度相位夹具，其一侧通过L个端口与阵列探头的探头一一对应，其中，L为阵列探头的个数。

[0036] 加权装置的另一侧通过一个端口与信号收发测试仪采用导线相连。

[0037] 这里的信号收发测试仪可以为射频测试仪表，也可以为矢量网络分析仪，还可以是信号源的信号发射装置和频谱分析仪的组合，用于收发；上述给出集中可实现信号收发和测试的仪表，但并不限于上述所给出的各种仪表。

[0038] 下面结合附图，详细说明本申请实施例中实现近场射频测试的过程。

[0039] 远场建模：

[0040] 假设阵列探头沿z轴方向有M行探头（单极化或双极化），相两个探头的间距为 Δz ；沿x轴方向有N列探头，相两个探头的间距为 Δx 。假设被测基站沿z轴方向有P行均匀采样点，相两个采样点的间距为 $\Delta z'$ ；沿x轴方向有Q列均匀采样点，相两个采样点的间距为 $\Delta x'$ 。设被测基站xy平面入射角度为 φ （定义为x轴正方向朝y轴正方向沿逆时针旋转至入射角方向），被测基站xz平面入射角度为 θ （定义为z轴正方向朝xy平面顺时针旋转至入射角方向）。

[0041] 本申请实施例中加权装置中预先存储每路信号对应的权值，无论上行测试还是下行测试，确定权值的方法相同，可以通过下述方法确定，并存储到加权装置中使用：

[0042] 确定的权值W为：

$$[0043] \quad \mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_{m-n}, \dots, w_{M \cdot N}) = \begin{bmatrix} \Delta\gamma_{1,1} & \Delta\gamma_{1,2} & \dots & \Delta\gamma_{1,M \cdot N} \\ \Delta\gamma_{2,1} & \Delta\gamma_{2,2} & \dots & \Delta\gamma_{2,M \cdot N} \\ \vdots & \vdots & \Delta\gamma_{p-q,m-n} & \vdots \\ \Delta\gamma_{P-Q,1} & \Delta\gamma_{P-Q,2} & \dots & \Delta\gamma_{P-Q,M \cdot N} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Delta\phi_1 \\ \Delta\phi_2 \\ \vdots \\ \Delta\phi_{p-q} \\ \vdots \\ \Delta\phi_{P-Q} \end{bmatrix};$$

[0044] 其中， $\Delta\gamma_{p-q,m-n} = \frac{e^{\frac{j2\pi}{\lambda} \Delta\mu_{p-q,m-n}}}{\Delta\mu_{p-q,m-n}}$ ， $\Delta\mu_{p-q,m-n}$ 为阵列探头中第m行，第n列的探头到采样点

(p,q)的距离；

[0045] $\Delta\phi_{p,q} = \frac{-j2\pi}{\lambda} \cdot ((p-1) \cdot \Delta z' \cdot \cos\theta + (q-1) \cdot \Delta x' \cdot \cos\varphi)$, 其中, φ 为被测基站xy平面入射角度, θ 为被测基站xz平面入射角度; $\Delta z'$ 为z轴方向相邻两个采样点的间距; $\Delta x'$ 为沿x轴方向相邻两个采样点的间距;

[0046] $[\]^{-1}$ 表示矩阵求逆; $w_{m \cdot n}$ 表示针对第m行, 第n列的探头所确定的权值; $\Delta\gamma_{p \cdot q, m \cdot n}$ 表示第m行, 第n列的探头到采样点(p, q)的幅度和相位的矢量差; $\Delta\phi_{p,q}$ 为采样点(p, q)相比采样点(1, 1)的远场相位差; $1 \leq m \leq M, 1 \leq n \leq N, 1 \leq p \leq P, 1 \leq q \leq Q$; P为沿z轴方向的采样点的个数, Q为沿x轴方向的采样点的个数, M为阵列探头的行数, N为阵列探头的列数。

[0047] 参见图2, 图2为本申请实施例中针对基站下行指标的近场射频测试流程示意图。具体步骤为:

[0048] 步骤201, 加权装置接收到信号发射设备发送的下行信号时, 将该下行信号划分为与阵列探头的探头个数相同路数下行信号, 针对划分后的每一路下行信号确定对应阵列探头的权值, 并加权到划分后的对应下行信号上, 发送给对应的探头。

[0049] 步骤202, 阵列探头通过每个探头接收加权装置发送的信号并发送给被测基站。

[0050] 步骤203, 被测基站通过空口接收阵列探头发射的信号。

[0051] 步骤204, 射频测试仪表根据被测基站接收到的信号统计被测基站下行测试指标。

[0052] 参见图3, 图3为本申请实施例中针对基站上行指标的近场射频测试流程示意图。具体步骤为:

[0053] 步骤301, 被测基站发送上行信号。

[0054] 步骤302, 阵列探头接收到被测基站发送的上行信号时, 将接收到的上行信号送入加权装置。

[0055] 步骤303, 加权装置针对接收到的阵列探头中每个探头发送的上行信号确定对应的权值, 并加权到对应的上行信号; 将加权后的各上行信号合路为一路上行信号, 发送给射频测试仪表。

[0056] 步骤304, 射频测试仪表根据接收到的上行信号统计被测基站上行测试指标。

[0057] 本申请实施例中可以通过调整权值, 或在暗室中增加阵列探头来进行不同发射或接收角度的测试。

[0058] 如果通过调整权值, 可以在不改变阵列探头和被测基站相对位置的前提下, 完成多个角度的远场模拟。

[0059] 如果在暗室中增加阵列探头进行不同发射和接收角度的测试, 可以同时针对一个相同的被测基站同时测量, 也可以针对不同的被测基站同时进行测量, 大大提高了测量的效率。

[0060] 本申请提供的上述技术方案可以完成被测基站的无源和有源天线指标, 如天线放线图、基站灵敏度、前后比等; 射频指标, 如误差向量幅度、相邻频道泄露比等。

[0061] 下面结合具体实施例对本申请与现有实现效果的比较。

[0062] 阵列探头平行于测试轨道和被测基站, 位于暗室的顶端, 设其相位中心坐标为(0, 15λ , 0), 假设阵列探头沿z轴方向有8行探头(单极化或双极化), 相邻两个探头的间距为 0.5λ ; 沿x轴方向有8列探头, 相邻两个探头的间距为 0.5λ 。设被测基站xy平面入射角度为 0° , 被测基站xz平面入射角度为 90° 。采用本申请提供的近场射频测试方法生成w矩阵, w矩阵参数

转化为幅度 (dB) 及相位 (度) 分别参见表1和表2所示内容。

[0063]	-25.6648	-14.7788	-10.6514	-9.53065	-9.99895	-10.2215	-13.6968	-24.8679
	-16.2362	-8.04153	-4.20575	0	-0.69879	-2.48188	-4.74862	-14.5024
	-15.8844	-15.4209	-5.16962	-1.11623	-4.88728	-8.24426	-6.59845	-13.1306
	-21.6839	-10.9833	-6.62819	-6.57925	-1.87527	-5.45012	-20.1619	-20.3889
	-17.459	-14.1988	-5.63607	-2.12891	-5.49059	-6.10904	-14.4242	-22.8592
	-12.5901	-6.57795	-7.92867	-4.31083	-1.29836	-5.13635	-14.2653	-15.0618
	-14.2714	-4.71184	-2.52158	-0.65622	-0.08552	-4.25172	-7.70111	-15.8068
	-24.7252	-13.6645	-10.2655	-10.0141	-9.57474	-10.6716	-14.6617	-25.4401

[0064] 表1

	0	-172.571	-6.25286	146.833	-73.6534	70.16186	-134.619	19.79305
[0065]	-150.757	32.80332	172.2186	-27.7446	137.5368	-71.6017	76.83799	-133.379
	59.63892	-98.1576	-60.0505	143.294	5.095275	176.9919	-78.8309	63.21324

	-61.1212	174.2572	32.67065	179.7582	-38.0252	132.3207	42.11956	-118.924
	-142.675	28.71489	129.358	-42.904	-176.38	32.03533	163.4976	-106.523
[0066]	54.62936	-86.535	178.1699	6.772858	140.7646	-61.8094	-116.632	48.31964
	-136.893	74.65195	-71.2122	138.3716	-28.3577	171.6264	30.58116	-154.403
	18.11814	-135.571	70.17538	-73.2723	146.5903	-6.53796	-173.349	-1.47456

[0067] 表2

[0068] 表1所示内容为W矩阵幅度对应的内容;表2所示内容为W矩阵相位所对应内容。

[0069] 在加权装置中置入w矩阵数据后,在被测基站的天线面处,功率相位相比远场的误差参见图4,图4为使用本申请提供的技术方案获得的被测基站天线面不同位置的功率误差示意图。

[0070] 参见图5,图5为使用本申请提供的技术方案获得的被测基站天线面不同位置的相位误差示意图。

[0071] 从图4和图5两张仿真图可以看出,在距离被测基站 15λ (约1.3米)处,采用48个探头阵列,即可实现模拟远场效果,相比真实远场,功率最大误差小于0.1dB,幅度最大误差小于 0.1° 。

[0072] 综上所述,本申请通过被测基站被置于暗室中与阵列探头针对的位置,且每个阵列探头对应一个加权装置用于对信号进行加权,在不改变基站和阵列探头的位置的情况下,进行多个来波方向被测基站的指标的测试。该方案测试精确,测试结果与远场和紧缩场可比拟。可同时支持天线指标测试和射频指标测试。测试系统成本低,对测试场地的尺寸要求小;且测试效率高,在不改变阵列探头和被测基站相对位置的前提下,可完成多个角度的远场模拟。

[0073] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明保护的范围之内。

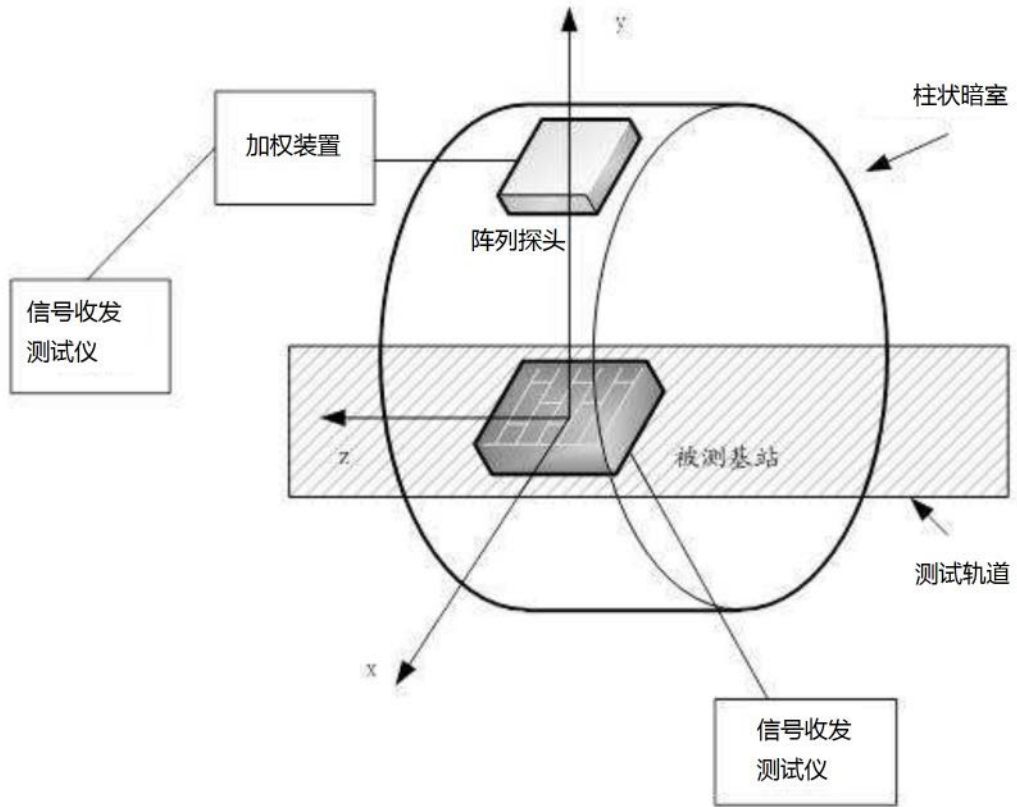


图1

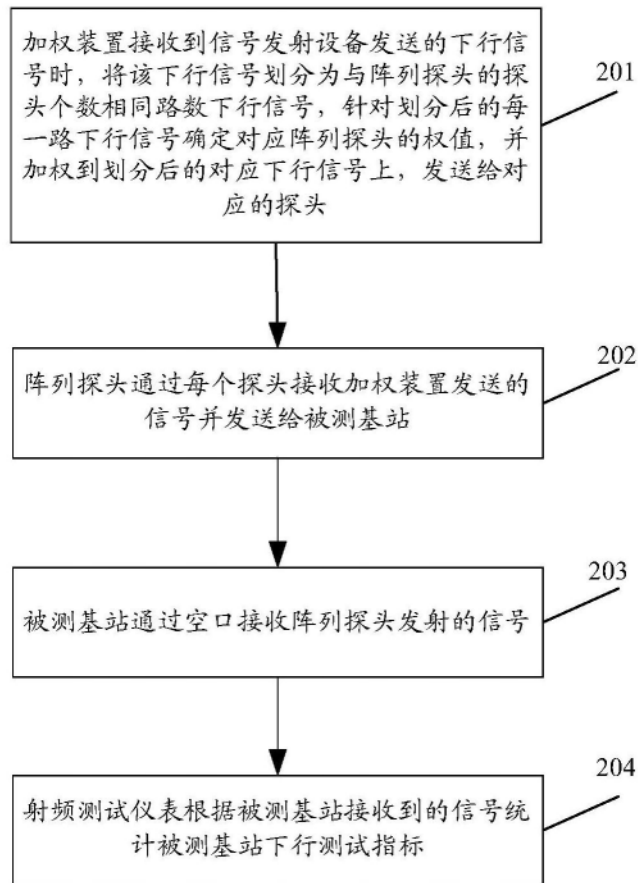


图2

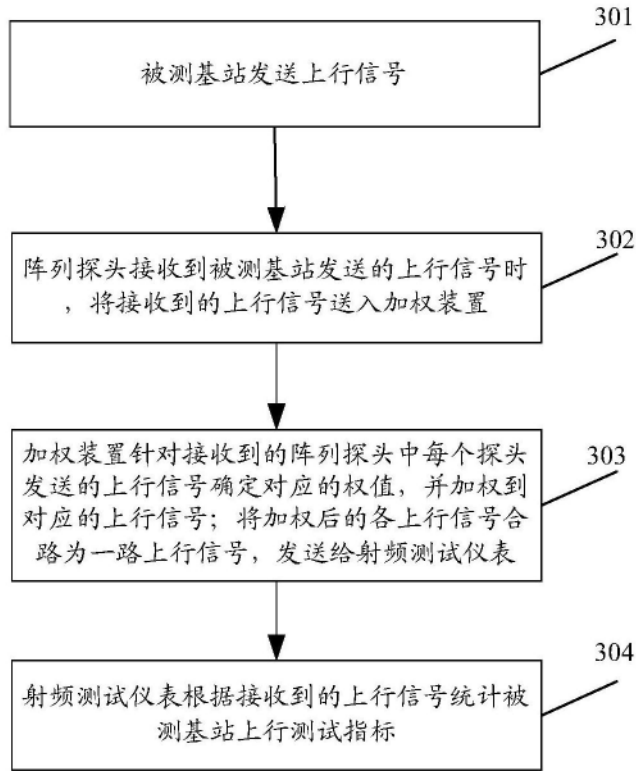


图3

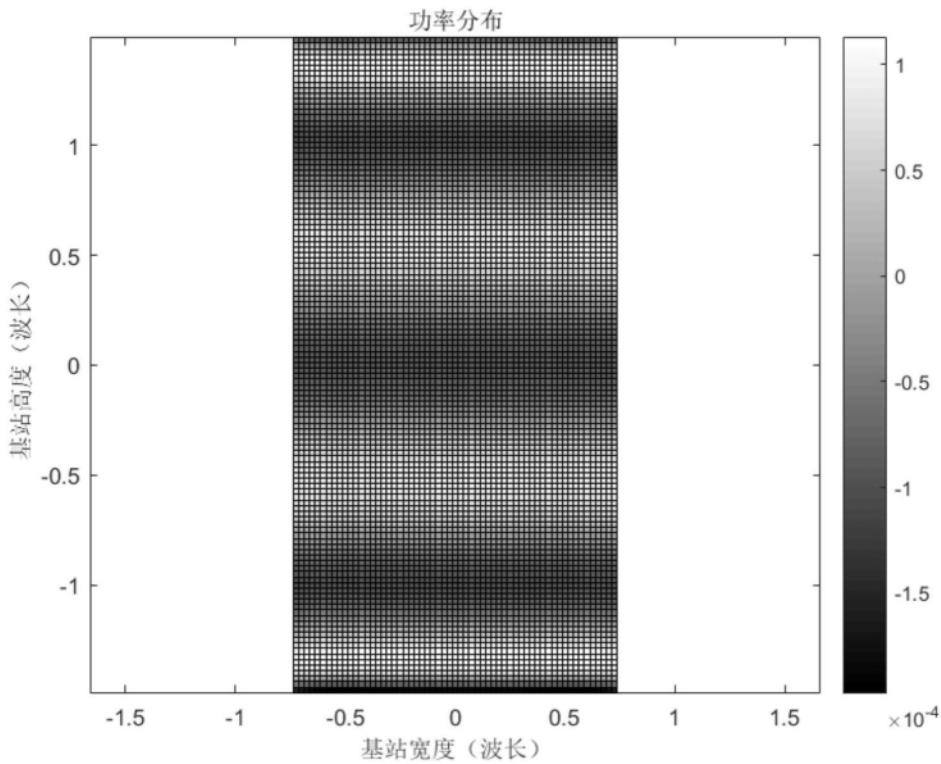


图4

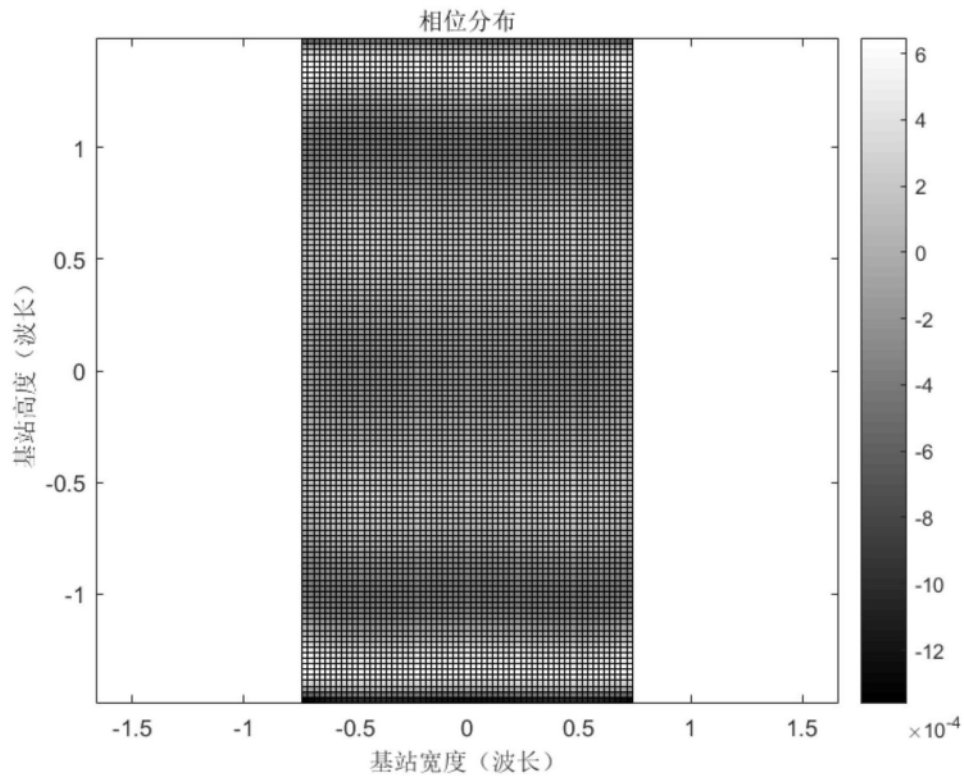


图5