



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102857309 B

(45)授权公告日 2016.09.28

(21)申请号 201210264054.X

H04B 17/21(2015.01)

(22)申请日 2012.07.27

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 102857309 A

WO 2007112546 A1,2007.10.11,
CN 1652488 A,2005.08.10,
CN 101487864 A,2009.07.22,
WO 2011131255 A1,2011.10.27,
CN 202121589 U,2012.01.18,

(43)申请公布日 2013.01.02

(73)专利权人 中兴通讯股份有限公司
地址 518057 广东省深圳市南山区高新技
术产业园科技南路中兴通讯大厦法务
部

审查员 史永良

(72)发明人 王博明 李香玲 曹长江 韩香紫

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理
有限公司 11262

代理人 吴艳 龙洪

(51)Int.Cl.

H04B 17/12(2015.01)

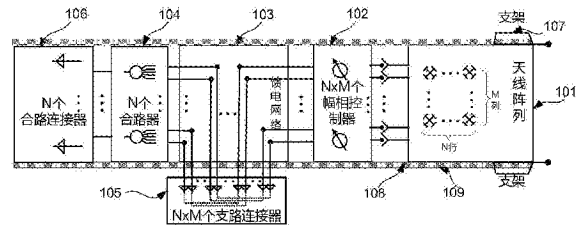
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54)发明名称

一种有源天线系统射频指标的测试方法和
装置

(57)摘要

本发明公开了一种有源天线系统射频指标的测试方法和装置,将被测有源天线系统置于测试罩内进行射频指标的测试,测试罩包括天线阵列部分与无源网络部分,天线阵列部分与被测有源天线系统的天馈部分相同;其方法包括:测试罩单体校准:校准测试罩自身所产生的差损和相位偏移量;近场耦合校准:用两个经过单体校准的测试罩,对测试罩的近场耦合测试环境进行校准;射频指标测试:将被测有源天线系统置于校准后的测试罩内并与其构成近场耦合方式,其测试环境和近场耦合校准环境相同,使用得到的校准结果对测试环境进行补偿后,通过测试罩上的射频测试接口对被测有源天线系统进行射频指标测试,得到有源天线系统射频端口的射频指标。



1. 一种有源天线系统射频指标的测试方法,其特征在于,将被测有源天线系统置于测试罩内进行射频指标的测试,其中所述测试罩包括天线阵列部分与无源网络部分,所述天线阵列部分与所述被测有源天线系统的天馈部分相同;所述方法包括:

测试罩单体校准:校准所述测试罩自身所产生的差损和相位偏移量;

近场耦合校准:用两个经过所述测试罩单体校准的测试罩,对所述测试罩的近场耦合测试环境进行校准;

射频指标测试:将所述被测有源天线系统置于校准后的所述测试罩内并与其构成近场耦合方式,其测试环境和所述近场耦合校准测试环境相同;使用校准过程得到的校准结果对所述测试环境进行补偿后,通过所述测试罩上的射频测试接口对所述被测有源天线系统进行射频指标测试,得到所述被测有源天线系统射频端口的射频指标。

2. 如权利要求1所述的测试方法,其特征在于,

所述测试罩单体校准,进一步包括:

天线阵列部分校准,分别得到各天线阵子增益和天线阵列的合成增益;以及,

无源网络部分校准,得到所述测试罩的单体幅相校准表。

3. 如权利要求1所述的测试方法,其特征在于,

所述近场耦合校准,进一步包括:

支路耦合校准,得到近场耦合的支路幅相校准表;

合路耦合校准,得到近场耦合的合路幅相校准表。

4. 如权利要求1所述的测试方法,其特征在于,

通过两个经过单体校准后的测试罩来进行所述近场耦合校准,将所述两个测试罩进行固定,使得所述两个测试罩的天线阵列的朝向是正对的,且所述两个测试罩之间的距离在预定距离范围内。

5. 如权利要求1、2、3或4之任一项所述的测试方法,其特征在于,

所述无源网络部分进一步包括支路网络、合并网络及多个支路幅相控制器。

6. 如权利要求5所述的测试方法,其特征在于,所述射频指标测试,具体包括:

支路射频测试:根据得到的所述支路幅相校准表获得增益补偿的近似值,对所述被测有源天线系统的各支路的增益进行补偿后,进行各项支路射频指标的测试;

合路射频测试:调整所述测试罩的各支路幅相控制器的状态,为所述测试罩赋一组幅相权值,并根据所述幅相权值对所述被测有源天线系统进行权值配置;然后,根据所述合路幅相校准表获得权值补偿的近似值,分别在增益和相位上对配置的所述被测有源天线系统的权值进行补偿后,进行不同幅相权值下的合路射频指标测试。

7. 如权利要求6所述的测试方法,其特征在于,

所述支路射频测试中,在对所述被测有源天线系统的各支路的增益进行补偿时,是在所述被测有源天线系统的数字域中补偿、或者在所述测试罩的幅相控制器中补偿。

8. 如权利要求6所述的测试方法,其特征在于,

所述合路射频测试中,在对配置的所述被测有源天线系统的权值进行补偿时,是在所述被测有源天线系统的数字域中补偿、或者在所述测试罩的幅相控制器中补偿。

9. 如权利要求1、2、3或4之任一项所述的测试方法,其特征在于,

所述测试罩内设有安装支架,所述被测有源天线系统安放在所述安装支架上,与所述

测试罩构成近场耦合方式。

10. 如权利要求1、2、3或4之任一项所述的测试方法,其特征在于,
所述测试罩的罩体内部采用吸波材料。

11. 一种有源天线系统射频指标的测试装置,其特征在于,所述测试装置包括天线阵列部分和无源网络部分,其中,所述天线阵列部分与被测有源天线系统的天馈部分相同;所述无源网络部分进一步包括多个支路幅相控制器、支路网络和合并网络,

所述测试装置与被测有源天线系统之间构成近场耦合方式;

所述幅相控制器用于,调节各支路信号的幅度和相位;

所述支路网络用于将信号分别连接到每个支路上,实现支路测试;

所述合并网络用于将各支路信号相连接,实现合路测试;

还包括:

测试装置单体校准:校准所述测试装置自身所产生的差损和相位偏移量;

近场耦合校准:用两个经过所述测试装置单体校准的测试装置,对所述测试装置的近场耦合测试环境进行校准;

射频指标测试:将所述被测有源天线系统置于校准后的所述测试装置内并与其构成近场耦合方式,其测试环境和所述近场耦合校准测试环境相同;使用校准过程得到的校准结果对所述测试环境进行补偿后,通过所述测试装置上的射频测试接口对所述被测有源天线系统进行射频指标测试,得到所述被测有源天线系统射频端口的射频指标。

12. 如权利要求11所述的测试装置,其特征在于,

所述支路网络包括:馈电网络和支路连接器。

13. 如权利要求11所述的测试装置,其特征在于,

所述合并网络包括:合路器和合路连接器。

14. 一种有源天线系统射频指标的测试装置,其特征在于,所述测试装置包括设在箱体内部的:天线阵列、幅相控制器、馈电网络、支路连接器、合路器、合路连接器;

所述天线阵列与被测有源天线系统的天馈部分相同;

所述幅相控制器和所述天线阵列相连接,用于改变支路信号的幅度和相位;

所述馈电网络的一端和所述幅相控制器相连接;另一端和所述支路连接器相连接实现支路测试,或者另一端通过射频跳线将各支路与所述合路器相连接,并通过所述合路连接器实现合路测试;

还包括:

测试装置单体校准:校准所述测试装置自身所产生的差损和相位偏移量;

近场耦合校准:用两个经过所述测试装置单体校准的测试装置,对所述测试装置的近场耦合测试环境进行校准;

射频指标测试:将所述被测有源天线系统置于校准后的所述测试装置内并与其构成近场耦合方式,其测试环境和所述近场耦合校准测试环境相同;使用校准过程得到的校准结果对所述测试环境进行补偿后,通过所述测试装置上的射频测试接口对所述被测有源天线系统进行射频指标测试,得到所述被测有源天线系统射频端口的射频指标。

15. 如权利要求14所述的测试装置,其特征在于,

所述箱体为金属屏蔽箱,对所述测试装置的内部和外部信号进行屏蔽。

一种有源天线系统射频指标的测试方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及无线通信技术领域,尤其涉及一种有源天线系统射频指标的测试方法和装置。

背景技术

[0002] 现有传统基站一般分为有源部分和天馈部分。基站有源部分的测试一般采用传导测试方法,将基站的射频端口通过射频线缆、必要的衰减器、合路器等无源元件和测试仪表相连,进行基站射频指标性能测试。而天馈部分在具有吸波材料的暗室或室外远场中进行,对它的增益、方向图等空分特性进行测试。两个部分的测试内容是分开进行的。

[0003] 有源天线系统(AAS)作为一种多通道收发信机与基站天线集成的基站通信子系统。它是天线和多通道收发信机的一体化设备,相互之间的接口表现为内部接口,工程上难以直接进行射频端口测试,这样对它的测试带来了挑战。

[0004] 使用传统的传导测试方法来测试有源天线系统,需要把有源天线系统的有源部分和天馈部分分离开,在有源部分增加耦合测试接口,这样会带来如下问题:

[0005] 1)破坏了有源天线系统的一体化的拓扑结构;同时增加了设计的复杂度,耦合方式会产生不必要的损耗;

[0006] 2)这种耦合方式会在测试应用上带来一些问题,如对测试设备动态范围要有高的需求等;

[0007] 3)由于各个设备制造商采用的耦合方式、耦合参数的不同,给统一测试认证和测试规范带来困难;

[0008] 4)测试时,需要配置有合适的连接器和设备,为了让使用者得到认可,需要对测试过程和测试参数的认证做大量说明;

[0009] 5)无法直接测量有源天线系统的天线界面的性能指标以及空间特性,只能依靠天线参数指标和有源部分测试来换算得到,这样需要使用者对引入的天线参数的认证做大量工作。

[0010] 其它可以应用到有源天线系统的测试方法,如OTA(Over The Air,空间射频)的测试方法,它是一种全面可以实现有源天线系统的测试方法,包括空间特性测试和射频指标测试。但这种测试,由于需要一定的测试环境要求,如室内远场测试,需要一定尺寸的暗室;而室外远场测试,又容易受天气和外部干扰信号的影响,这样从测试成本和测试效率上都会带来问题,并且对一些测试项,也没有必要使用OTA测试,比如生产相关的测试项等。

发明内容

[0011] 本发明解决的技术问题是提供一种有源天线系统射频指标的测试方法和装置,在无需增加额外的测试接口情况下,可以直接、有效的测量有源天线系统的射频指标。

[0012] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种有源天线系统射频指标的测试方法,将被测有源天线系统置于测试罩内进行射频指标的测试,其中所述测试罩包括天线阵列部分

与无源网络部分,所述天线阵列部分与所述被测有源天线系统的天馈部分相同;所述方法包括:

[0013] 测试罩单体校准:校准所述测试罩自身所产生的差损和相位偏移量;

[0014] 近场耦合校准:用两个经过所述测试罩单体校准的测试罩,对所述测试罩的近场耦合测试环境进行校准;

[0015] 射频指标测试:将所述被测有源天线系统置于校准后的所述测试罩内并与其构成近场耦合方式,其测试环境和所述近场耦合校准测试环境相同;使用校准过程得到的校准结果对所述测试环境进行补偿后,通过所述测试罩上的射频测试接口对所述被测有源天线系统进行射频指标测试,得到所述被测有源天线系统射频端口的射频指标。

[0016] 进一步地,上述方法还可具有如下特点:

[0017] 所述测试罩单体校准,进一步包括:

[0018] 天线阵列部分校准,分别得到各天线阵子增益和天线阵列的合成增益;以及,

[0019] 无源网络部分校准,得到所述测试罩的单体幅相校准表。

[0020] 进一步地,上述方法还可具有如下特点:

[0021] 所述近场耦合校准,进一步包括:

[0022] 支路耦合校准,得到近场耦合的支路幅相校准表;

[0023] 合路耦合校准,得到近场耦合的合路幅相校准表。

[0024] 进一步地,上述方法还可具有如下特点:

[0025] 通过两个经过单体校准后的测试罩来进行所述近场耦合校准,将所述两个测试罩进行固定,使得所述两个测试罩的天线阵列的朝向是正对的,且所述两个测试罩之间的距离在预定距离范围内。

[0026] 进一步地,上述方法还可具有如下特点:

[0027] 所述无源网络部分进一步包括支路网络、合并网络及多个支路幅相控制器。

[0028] 进一步地,上述方法还可具有如下特点:

[0029] 所述射频指标测试,具体包括:

[0030] 支路射频测试:根据得到的所述支路幅相校准表获得增益补偿的近似值,对所述被测有源天线系统的各支路的增益进行补偿后,进行各项支路射频指标的测试;

[0031] 合路射频测试:调整所述测试罩的各支路幅相控制器的状态,为所述测试罩赋一组幅相权值,并根据所述幅相权值对所述被测有源天线系统进行权值配置;然后,根据所述合路幅相校准表获得权值补偿的近似值,分别在增益和相位上对配置的所述被测有源天线系统的权值进行补偿后,进行不同幅相权值下的合路射频指标测试。

[0032] 进一步地,上述方法还可具有如下特点:

[0033] 所述支路射频测试中,在对所述被测有源天线系统的各支路的增益进行补偿时,是在所述被测有源天线系统的数字域中补偿、或者在所述测试罩的幅相控制器中补偿。

[0034] 进一步地,上述方法还可具有如下特点:

[0035] 所述合路射频测试中,在对配置的所述被测有源天线系统的权值进行补偿时,是在所述被测有源天线系统的数字域中补偿、或者在所述测试罩的幅相控制器中补偿。

[0036] 进一步地,上述方法还可具有如下特点:

[0037] 所述测试罩内设有安装支架,所述被测有源天线系统安放在所述安装支架上,与

所述测试罩构成近场耦合方式。

[0038] 进一步地,上述方法还可具有如下特点:

[0039] 所述测试罩的罩体内部采用吸波材料。

[0040] 本发明还提供了一种有源天线系统射频指标的测试装置,所述测试装置包括天线阵列部分和无源网络部分,其中,所述天线阵列部分与被测有源天线系统的天馈部分相同;所述无源网络部分进一步包括多个支路幅相控制器、支路网络和合并网络,

[0041] 所述测试装置与被测有源天线系统之间构成近场耦合方式;

[0042] 所述幅相控制器用于,调节各支路信号的幅度和相位;

[0043] 所述支路网络用于将信号分别连接到每个支路上,实现支路测试;

[0044] 所述合并网络用于将各支路信号相连接,实现合路测试。

[0045] 进一步地,上述装置还可具有如下特点:

[0046] 所述支路网络包括:馈电网络和支路连接器。

[0047] 进一步地,上述装置还可具有如下特点:

[0048] 所述合并网络包括:合路器和合路连接器。

[0049] 本发明还提供了一种有源天线系统射频指标的测试装置,所述测试装置包括设在箱体內的:天线阵列、幅相控制器、馈电网络、支路连接器、合路器、合路连接器。

[0050] 所述天线阵列与被测有源天线系统的天馈部分相同;

[0051] 所述幅相控制器和所述天线阵列相连接,用于改变支路信号的幅度和相位;

[0052] 所述馈电网络的一端和所述幅相控制器相连接;另一端和所述支路连接器相连接实现支路测试,或者另一端通过射频跳线将各支路与所述合路器相连接,并通过所述合路连接器实现合路测试。

[0053] 进一步地,上述装置还可具有如下特点:

[0054] 所述箱体为金属屏蔽箱,对所述测试装置的内部和外部信号进行屏蔽。

[0055] 本发明通过近场耦合的方式对有源天线系统进行射频指标测试,克服了在有源天线系统测试中,使用传统基站的传导测试方法需要增加额外的耦合测试接口等带来的问题;同时也解决了使用OTA测试方法带来的测试效率和测试成本等问题。

附图说明

[0056] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0057] 图1是本发明实施例的有源天线测试罩原理框图;

[0058] 图2(a)及2(b)是本发明实施例的2×8阵列有源天线测试罩装置示意图;

[0059] 图3是本发明实施例的2×8阵列的有源天线测试罩的基本组成框图;

[0060] 图4是本发明应用示例的2×8阵列的有源天线测试罩单体校准工作流程图;

[0061] 图5是本发明应用示例的2×8阵列的有源天线测试罩近场耦合校准工作原理框图;

[0062] 图6是本发明应用示例的2×8阵列的有源天线测试罩近场耦合校准工作流程图;

[0063] 图7是本发明应用示例的2×8阵列的有源天线射频测试工作原理框图;

[0064] 图8是本发明应用示例的测试罩测试接收灵敏度原理框图;

[0065] 图9是本发明应用示例的测试罩测试邻道功率泄漏比(ACLR)原理框图;

[0066] 图10是本发明应用示例的测试罩测试上行阻塞(Blocking)原理框图。

具体实施方式

[0067] 为了便于阐述本发明,以下将结合附图及具体实施例对本发明技术方案的实施作进一步详细描述。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0068] 本发明实施例提供的有源天线系统射频指标的测试装置,相当于一个测试工装,本文中将其称作测试罩,如图1所示,其主要由以下几部分组成:

[0069] 天线阵列101,是由一系列天线阵子组成,其阵子结构和组成方式应该和被测有源天线系统的天馈部分完全相同。

[0070] 幅相控制器102,能够对信号相位和幅度进行变化的一种装置。可以对各支路的信号幅相做改变,用于验证有源天线系统对信号幅相的调节能力。

[0071] 馈电网络103,可以对信号流向进行分配,可以是同轴射频线缆,也可以是射频微带线,并且可以通过射频跳线可以改变信号流向,便于进行支路测试和合路测试。

[0072] 合路器104,可以把来自多个测试端口的信号合并后输出,也可以把信号分发给每个测试端口。

[0073] 支路连接器105,信号的输入/输出端口,连接测试端口和支路馈电网络,用于支路测试。

[0074] 合路连接器106,信号的输入/输出端口,连接测试端口和合路器,用于合路测试。

[0075] 安装支架107,用于调整和固定测试罩和被测试件之间的空间关系。

[0076] 吸波材料108,附着在测试罩壳体的内侧,可以减少测试罩的内部/外部的信号干扰,使得测试罩和被测试件之间具有良好的空间电磁环境。

[0077] 金属屏蔽箱109,测试罩的壳体,可以对测试罩的内部和外部信号进行屏蔽,使其具有良好的空间电磁屏蔽能力。

[0078] 图2为本发明实施例的2x8阵列有源天线测试罩装置的示意图,它继承了被测件AAS的天馈部分,用合并网络部分等代替了被测件AAS的有源部分,而组成的一种测试设备。

[0079] 图3表示出了本发明实施例的2x8阵列的测试罩各部分的连接方式。其中天线阵列301部分,是和被测有源天线系统的天线阵列部分是完全相同的;幅相控制器302通过c界面(即被测有源天线系统的天线阵列接入端口)和天线阵列301连接,其中本文中所述的界面也可称作测试参考面。幅相控制器302可以改变支路信号的幅度和相位。馈电网络303通过b界面和支路连接器304连接,实现各支路的独立测试。同时可以通过射频跳线把信号跳转到合路器305,通过a界面上的合路连接器306,实现合路测试。

[0080] 实现对有源天线系统射频无线指标测试,包括三个步骤,即测试罩单体校准、测试罩近场耦合校准以及有源天线系统的射频指标测试,具体方法如下:

[0081] 1、测试罩单体校准

[0082] 要实现对有源天线系统的准确测试,首先需要对测试罩自身产生的差损和相位偏移量进行校准。根据测试罩的组成部分,又分为天线阵列部分校准和无源网络部分校准。

[0083] 天线阵列部分校准和常规天线测试方法相同,需要在暗室或天线测试场进行;可

以分别得到各天线阵子增益和天线阵列的合成增益等。

[0084] 因为有源天线系统的天线阵列部分的性能是天线设计的机械性能决定的,可以保证在大批量的生产中,性能是稳定的,并且可以满足重复测试要求,所以对于天线阵列部分校准工作只须一次或几次,就可以获得其指标。

[0085] 无源网络部分的校准通过矢量网络分析仪测量完成。可以得到测试罩单体幅相校准表。

[0086] 2、测试罩近场耦合校准

[0087] 由于测试罩和被测有源天线系统之间的测试是一种近场耦合方式,需要对近场耦合的测试环境进行校准。校准界面定义在和天线阵列连接的c界面,也就是有源天线系统的射频端口。通过单体和近场耦合校准,最后推算得到c界面的校准表,然后用这个校准表补偿后,通过测试即可以表征出c界面的射频指标。

[0088] 通过两个标准的测试罩(经过单体校准的)来校准近场耦合环境。两个标准测试罩通过安装支架固定,使得测试罩的天馈部分的朝向是正对的,并按要求固定两者之间的距离。

[0089] 为了满足有源天线系统的支路和合路的射频测试需要,近场耦合校准又分为支路耦合校准和合路耦合校准。通过矢量网络分析仪对不同测试界面的测量。对测量的结果,通过单体幅相校准表,可以分别推算得到近场耦合的支路幅相校准表和合路幅相校准表。

[0090] 3、有源天线系统的射频指标测试

[0091] 用一个校准后的测试罩安装定位在被测件有源天线系统上,测试环境和近场耦合校准相同,相当于用被测试件替代了其中的一个标准测试罩。根据测试需要,分为支路射频测试和合路射频测试。

[0092] 支路射频测试:

[0093] 对被测有源天线系统的各支路测试,首先需要对每个支路的增益进行补偿。补偿的近似值在校准环节中的支路幅相校准表可以获得。支路测试的补偿可以在有源天线系统的数字域中补偿,也可以在测试罩的幅相控制器中补偿;补偿后,可以按照3GPP针对具有AAS的无线基站(BS)的协议要求,进行各项测试。测试界面相当于被测有源天线系统的射频端口。

[0094] 合路射频测试:

[0095] 首先确定一组待测试的幅相权值,通过调整测试罩各支路幅相控制器的状态,赋给测试罩这组幅相权值;测试时,需要分别在增益和相位上对测试环境进行补偿。补偿的近似值在校准环节中的合路幅相校准表获得。其可以在有源天线系统的数字域补偿,也可以在测试罩的幅相控制器中补偿;补偿完成后,配置给被测有源天线系统这组待测试的幅相权值;然后可以按照3GPP针对具有AAS的无线基站(BS)的协议要求,进行各项合路测试。根据校准值对应的测试界面不同。测试界面相当于被测有源天线系统的射频端口。

[0096] 以下将结合若干应用示例对本发明技术方案的实施作进一步具体描述。

[0097] 1、测试罩单体校准

[0098] 测试罩单体校准具体过程如图3所示,主要包括两部分校准,一个是天线阵列部分校准,一个是无源网络部分校准。

[0099] 1.1.天线阵列部分校准

[0100] 此部分校准的是测试罩的天线阵列部分的增益,可以在暗室或天线测试远场进行测试,测试方法和常规天线测试相同。得到在不同频率下天线的各阵子的增益 G_{ant_nm} (其中对于 2×8 阵列有源天线系统, $n=1,2;m=1,2,\dots,8$)和天线阵列的合成增益 G_{array} 。由于测试罩的天线阵列部分是和被测有源天线系统的天馈部分相同,这个测试结果可以用在对被测有源天线系统的天馈部分性能的性能的表征。

[0101] 由于有源天线系统天馈部分的性能是天线设计的机械性能决定的,可以保证在大批量的生产中,性能是稳定的,并且可以满足重复测试要求,所以对于天线阵列部分的校准只须一次或几次,就可以获得其特性。

[0102] 1.2.无源网络部分的校准

[0103] 由于有源天线系统中天线阵子增益、阵列增益的大小和一致性是通过天线阵子的结构和空间排列方式决定的。同时测试罩的天线阵列部分和被测有源天线系统是完全相同。这样对测试罩测量影响的因素,主要是测试罩的无源网络部分。

[0104] 无源网络部分应包括幅相控制器302、馈电网络303、支路连接器304、合路器305和合路连接器306。

[0105] 首先进行幅度校准,在指定频段内设置固定频点,置各支路的幅相控制器302到初始状态,用矢量网络分析仪测试支路连接器304(b界面)和天线阵列301接入端(c界面)之间的 S_{21} 参数,就可以得到单体幅度校准值 G_{bc_n} ,其中第一组 $N=1$ 的各支路差损 G_{bc_1} ,分别定义为 $G_{b0_c0}, G_{b1_c0}, \dots, G_{b7_c0}$;第二组 $N=2$ 的各支路差损 G_{bc_2} ,分别定义为 $G_{b0_c1}, G_{b1_c1}, \dots, G_{b7_c1}$;同时进行相位校准,根据天线阵列分布,单体相位校准值 $Phase_{bc_n}$ 分为两组,第一组以 $N=1, M=1$ 支路为参考,得到支路之间的相位偏移量 $Phase_{bc_1}$,分别为 $0, \Delta phase_{b1_c0}, \Delta phase_{b2_c0}, \dots, \Delta phase_{b7_c0}$;第二组以 $N=2, M=1$ 支路为参考,得到支路之间的相位偏移量 $Phase_{bc_2}$,分别为 $0, \Delta phase_{b1_c1}, \Delta phase_{b2_c1}, \dots, \Delta phase_{b7_c1}$ 。

[0106] 在指定的测试频率范围内,可以选择高中低三个频点进行校准。也可以根据测试精度的要求进行多频点校准。最后对多组校准数据进行插值等数学计算得到所需频点的校准值。

[0107] 2、测试罩近场耦合校准

[0108] 由于测试罩和被测有源天线系统之间的测试是一种近场耦合方式。需要对近场耦合的测试环境进行校准。近场耦合校准工作原理如附图5所述。

[0109] 通过两个标准的测试罩(经过单体校准的)来校准近场耦合环境。

[0110] 近场耦合校准工作流程如附图6所述,具体的校准过程描述如下:

[0111] 两个标准测试罩分别表示为测试罩A(501)和测试罩B(502)。通过安装支架固定这两个测试罩,使得测试罩的天馈部分的朝向是正对的,并按要求固定两者之间的距离。

[0112] 为了满足有源天线系统的支路和合路的射频测试需要,近场耦合校准又分为支路耦合校准和合路耦合校准。

[0113] 2.1.支路耦合校准

[0114] 在指定频段内设置固定频点下,用矢量网络分析仪测试测试罩B(502)的支路连接器端口(b' 界面)和测试罩A(501)的支路连接器端口(b界面)之间的 S_{21} 参数,可以得到两个测试罩之间的支路幅度校准值 $G_{b' b_n}$,其中第一组 $N=1$ 的各支路差损 $G_{b' b_1}$,分别定义

为 $G_{b'0_b0}, G_{b'1_b0}, \dots, G_{b'7_b0}$; 第二组 $N=2$ 的各支路差损 $G_{b'b_2}$, 分别为 $G_{b'0_b1}, G_{b'1_b1}, \dots, G_{b'7_b1}$ 。

[0115] 这样, 若以测试罩A为被测件, 可以得到测试罩B的支路连接器接口(b' 界面)到被测有源天线系统的天线阵列接入端口(c 界面)之间的差损 $G_{b'c_n}$ 为:

[0116] $G_{b'c_n} = G_{b'b_n} - G_{bc_n}$;

[0117] 其中, 对于 2×8 阵列有源天线系统, 分为两组 $n=1, 2$, 每组8个校准值;

[0118] $G_{b'b_n}$ 为支路幅度校准值;

[0119] G_{bc_n} 为单体幅度校准值;

[0120] 2.2. 合路耦合校准

[0121] 在指定频段内设置固定频点下, 两个测试罩各支路的幅相控制器设置到初始状态。

[0122] 幅度校准, 用矢量网络分析仪测试测试罩B的合路连接器端口(a' 界面)和测试罩A的支路连接器端口(b 界面)之间的 S_{21} 参数, 可以得到 a' 界面和 b 界面之间的差损, 对于 2×8 阵列的有源天线系统有2个合路器, 合路幅度校准值 $G_{a'b_n}$ 有两组, 第一组 $N=1$ 的各支路差损 $G_{a'b_1}$, 分别为 $G_{a'0_b0}, G_{a'0_b1}, \dots, G_{a'0_b7}$; 第二组 $N=2$ 的各支路差损 $G_{a'b_2}$, 分别为 $G_{a'1_b0}, G_{a'1_b1}, \dots, G_{a'1_b7}$ 。同时进行相位校准, 合路相位校准值 $Phase_{a'b_n}$ 分为两组, 第一组以 $N=1, M=1$ 支路为参考, 合路相位偏移量 $Phase_{a'b_1}$ 分别为 $0, \Delta phase_{a'0_b1}, \Delta phase_{a'0_b2}, \dots, \Delta phase_{a'0_b7}$; 第二组以 $N=2, M=1$ 支路为参考, 合路相位偏移量 $Phase_{a'b_2}$ 分别为 $0, \Delta phase_{a'1_b1}, \Delta phase_{a'1_b2}, \dots, \Delta phase_{a'1_b7}$ 。

[0123] 若以测试罩A为被测件, 在合路测试时, 可以得到测试罩B的合路连接器端口(a' 界面)和被测件天线阵列的接入端口(c 界面)之间的差损 $G_{a'c_n}$ 为:

[0124] $G_{a'c_n} = G_{a'b_n} - G_{bc_n}$;

[0125] 其中, 对于 2×8 阵列有源天线系统, 分为两组 $n=1, 2$, 每组8个校准值;

[0126] $G_{a'b_n}$ 为合路幅度校准值;

[0127] G_{bc_n} 为单体幅度校准值;

[0128] 测试罩B的合路连接器端口(a' 界面)和被测件天线阵列的接入端口(c 界面)之间的相位偏移量 $Phase_{a'c_n}$ 为:

[0129] $Phase_{a'c_n} = Phase_{a'b_n} - Phase_{bc_n}$;

[0130] 其中, 对于 2×8 阵列有源天线系统, 分为两组 $n=1, 2$, 每组8个校准值;

[0131] $Phase_{a'b_n}$ 为合路相位校准值;

[0132] $Phase_{bc_n}$ 为单体相位校准值;

[0133] 在指定的测试频率范围内, 可以选择高中低三个频点进行以上校准。也可以根据测试精度的要求进行多频点校准。最后对多组校准数据做插值等数学计算, 得到校准频率和校准值的二维表格或曲线。根据测试端口不同, 分为支路校准表和合路校准表。

[0134] 通过查表就可以得到指定频段内的任意频点的校准近似值。

[0135] 3、有源天线系统的射频指标测试

[0136] 图7示出了使用测试罩对 2×8 阵列的有源天线系统进行射频测试的工作原理。

[0137] 图8、图9、图10分别示出了在FDD LTE工作模式下, 有源天线系统主要射频指标的

具体测试步骤。

[0138] 如图8所示,使用测试罩测试有源天线系统上行灵敏度射频无线指标的具体实现步骤如下:

[0139] 步骤801,按照组网搭建测试环境;

[0140] 安装固定测试罩和待测件有源天线系统的测试环境,调节测试罩的各支路幅相控制器到初始状态,连接外部测试设备(衰减器、信号源、信令分析仪等),测试罩未用的其他接收端口接匹配负载;

[0141] 步骤802,测试环境的校准值补偿;

[0142] 对测试环境进行校准值补偿,校准值(包括增益和相位偏移量)在校准环节中的校准表获得。补偿可以在有源天线系统的数字域进行,也可以在幅相控制器中完成。

[0143] 步骤803,上行参考灵敏度测试;

[0144] 启动有源天线系统,配置载波工作频点和信道带宽;设置矢量信号源,输出上行参考测量信号。

[0145] a)支路参考灵敏度测试,主要包括如下步骤:

[0146] 步骤a.1)信号源连接到待测支路连接器上,调整有用信号功率,使得吞吐量不低于列参考测量信道最大吞吐量的95%,记录有用信号功率;最大吞吐量=有效载荷*1000,有效载荷就是固定参考测量信道FRC中的Payload size(bits);

[0147] 步骤a.2)测试高、中、低三个频点,重复步骤a.1);

[0148] 步骤a.3)测试有源天线系统其它支路,重复a.1)~a.2)。

[0149] b)合路参考灵敏度测试,主要包括如下步骤:

[0150] 步骤b.1)根据测试要求,首先通过改变测试罩各支路的幅相控制器状态,赋给测试罩一组幅相权值,然后对有源天线系统配置相同的幅相权值;

[0151] 步骤b.2)信号源连接到待测合路连接器上,调整有用信号功率,直到eNB的吞吐量不低于列参考测量信道最大吞吐量的95%,记录有用信号功率;最大吞吐量=有效载荷*1000,有效载荷就是固定参考测量信道FRC中的Payload size(bits);

[0152] 步骤b.3)测试高、中、低三个频点,重复步骤b.2);

[0153] 步骤b.4)调节测试罩各支路幅相控制器的状态,同时对有源天线系统进行相同的配置,然后重复步骤b.2)~步骤b.3),可以验证不同权值下的指标;

[0154] 步骤b.5)测试有源天线系统其它合路,重复步骤b.2)~步骤b.4)。

[0155] 结合图9所示,使用测试罩测试有源天线系统ACLR射频无线指标的具体实现步骤如下:

[0156] 步骤901,按照组网搭建测试环境;

[0157] 安装固定测试罩和待测件有源天线系统测试环境,调节测试罩的各支路的幅相控制器到初始状态,连接外部测试设备(衰减器、频谱仪等),测试罩未用的其他接收端口接匹配负载。

[0158] 步骤902,测试环境的校准值补偿;

[0159] 对测试环境进行校准值补偿,校准值(包括增益和相位偏移量)在校准环节中的校准表获得。补偿可以在有源天线系统的数字域进行,也可以在幅相控制器中完成。

[0160] 步骤903,邻道功率泄漏比(ACLR)测试;

[0161] 启动有源天线系统,设备经充分预热,性能指标处于稳定状态;配置载波频点,信道带宽20MHz的下行信号。

[0162] 进一步地,支路ACLR测试过程包括如下主要步骤:

[0163] 步骤1)频谱仪连接到待测支路连接器上,按照3GPP TS 36.104的E_TM1.1测试模式,将有源天线系统的功率调整为额定输出功率;

[0164] 步骤2)利用矢量信号分析仪测试ACLR并记录;

[0165] 步骤3)按照E_TM1.2测试模式配置下行信号,重复步骤1)~步骤2);

[0166] 步骤4)设置低、中、高三个频点,重复步骤1)~步骤3);

[0167] 步骤5)测试有源天线系统其它支路,重复步骤1)~步骤4)。

[0168] 进一步地,合路ACLR测试过程包括如下主要步骤:

[0169] 步骤1)根据测试要求,首先通过改变测试罩各支路的幅相控制器状态,赋给测试罩一组幅相权值,然后对有源天线系统配置相同的幅相权值;

[0170] 步骤2)频谱仪连接到待测合路连接器上,按照3GPP TS 36.104的E_TM1.1测试模式,将有源天线系统的功率调整为额定输出功率;

[0171] 步骤3)利用频谱分析仪测试ACLR并记录;

[0172] 步骤4)按照E_TM1.2测试模式配置下行信号,重复步骤2)~3);

[0173] 步骤5)设置低、中、高三个频点,重复步骤2)~4);

[0174] 步骤6)调节测试罩各支路幅相控制器的状态,同时对有源天线系统进行相同的配置,然后重复步骤2)~5),可以验证不同权值下的指标;

[0175] 步骤7)测试有源天线系统其它合路,重复步骤2)~6)。

[0176] 结合图10所示,使用测试罩测试有源天线系统上行阻塞(Blocking)射频无线指标的具体实现步骤如下:

[0177] 步骤1001,按照组网搭建测试环境;

[0178] 安装固定测试罩和待测件有源天线系统测试环境,调节测试罩的各支路的幅相控制器到初始状态,连接外部测试设备(衰减器、信号源、信令分析仪等),测试罩未用的其他接收端口接匹配负载;

[0179] 步骤1002,测试环境的校准值补偿

[0180] 对测试环境进行校准值补偿,校准值(包括增益和相位偏移量)在校准环节中的校准表获得。补偿可以在有源天线系统的数字域进行,也可以在幅相控制器中完成。

[0181] 步骤1003,阻塞测试;

[0182] 启动有源天线系统,配置载波工作频点和信道带宽;按照3GPP TS 36.104协议设置矢量信号源,发送有用信号,输出电平为PREFSENS+6dB。

[0183] 进一步地,支路阻塞测试程包括如下主要步骤:

[0184] 步骤1)功分器输出端连接到待测支路连接器上;

[0185] 步骤2)窄带阻塞测试,干扰信号源发送干扰信号,干扰信号中心频率偏离有用信号载波边缘 $340+m*180$ [Khz], $m=0,1,2,3,4,9,14,19,24$;干扰信号为5MHz E-UTRA signal,1RB;

[0186] 步骤3)带内阻塞测试,干扰信号发生器发射干扰信号,干扰信号中心频率范围从(2300-20M)到(2400M+20M);干扰信号为5MHz E-UTRA信号;

[0187] 步骤4)带外阻塞测试,干扰信号发生器发射干扰信号,1M~(2300-20M),(2400M+20M)~12.75G;干扰信号为CW波;

[0188] 步骤5)共址阻塞测试,干扰信号源经过放大器和带阻滤波器发射干扰信号,频率范围根据协议要求确定;干扰信号为CW波,

[0189] 步骤6)调整输出电平,使得吞吐量不低于列参考测量信道最大吞吐量的95%,记录干扰信号功率;最大吞吐量=有效载荷*1000,有效载荷就是固定参考测量信道FRC中的Payload size(bits);

[0190] 步骤7)测试高、中、低三个频点,重复步骤2)~6);

[0191] 步骤8)测试有源天线系统其它支路,重复步骤1)~7)。

[0192] 进一步地,合路阻塞测试程包括如下主要步骤:

[0193] 步骤1)根据测试要求,首先通过改变测试罩各支路的幅相控制器状态,赋给测试罩一组幅相权值,然后对有源天线系统配置相同的幅相权值;

[0194] 步骤2)功分器输出端连接到待测合路连接器上;

[0195] 步骤3)窄带阻塞测试,干扰信号源发送干扰信号,干扰信号中心频率偏离有用信号载波边缘 $340+m*180$ [Khz], $m=0,1,2,3,4,9,14,19,24$;干扰信号为5MHz E-UTRA signal,1RB;

[0196] 步骤4)带内阻塞测试,干扰信号发生器发射干扰信号,干扰信号中心频率范围从(2300-20M)到(2400M+20M);干扰信号为5MHz E-UTRA信号;

[0197] 步骤5)带外阻塞测试,干扰信号发生器发射干扰信号,1M~(2300-20M),(2400M+20M)~12.75G;干扰信号为CW波;

[0198] 步骤6)共址阻塞测试,干扰信号源经过放大器和带阻滤波器发射干扰信号,频率范围根据协议要求确定;干扰信号为CW波,

[0199] 步骤7)调整输出电平,使得吞吐量不低于列参考测量信道最大吞吐量的95%,记录干扰信号功率;最大吞吐量=有效载荷*1000,有效载荷就是固定参考测量信道FRC中的Payload size(bits);

[0200] 步骤8)测试高、中、低三个频点,重复步骤2)~7);

[0201] 步骤9)调节测试罩各支路幅相控制器的状态,同时对有源天线系统进行相同的配置,然后重复步骤2)~8),可以验证不同权值下的指标;

[0202] 步骤10)测试有源天线系统其它合路,重复步骤2)~9)。

[0203] 综上所述,采用本发明的测试方法和装置,可以实现对有源天线系统的支路射频指标的测试,也可以实现对合路射频指标的测试。与现有技术相比,本发明通过近场耦合的方式,对有源天线系统进行射频指标测试,克服了传统传导测试测试有源天线系统时,需要增加额外的耦合接口所带来的一系列问题;也可以很好的解决OTA测试带来的测试效率问题。同时解决了不同类型有源天线产品对测试需求的差异化问题。在保证测试要求前提下,节省了测试成本,提高了测试效率,同时可以被使用者很容易接受和认证。

[0204] 以上仅为本发明的优选实施案例而已,并不用于限制本发明,本发明还可有其他多种实施例,在不背离本发明精神及其实质的情况下,熟悉本领域的技术人员可根据本发明做出各种相应的改变和变形,但这些相应的改变和变形都应属于本发明所附的权利要求的保护范围。

[0205] 显然,本领域的技术人员应该明白,上述的本发明的各模块或各步骤可以用通用的计算装置来实现,它们可以集中在单个的计算装置上,或者分布在多个计算装置所组成的网络上,可选地,它们可以用计算装置可执行的程序代码来实现,从而,可以将它们存储在存储装置中由计算装置来执行,并且在某些情况下,可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤,或者将它们分别制作成各个集成电路模块,或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。这样,本发明不限制于任何特定的硬件和软件结合。

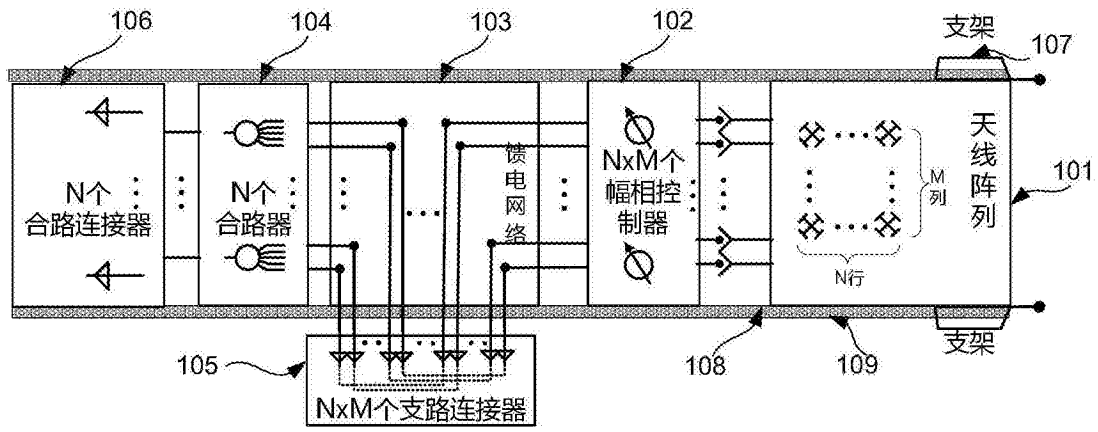


图1

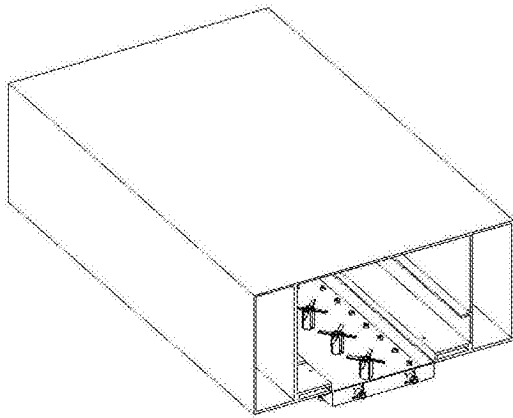


图2a

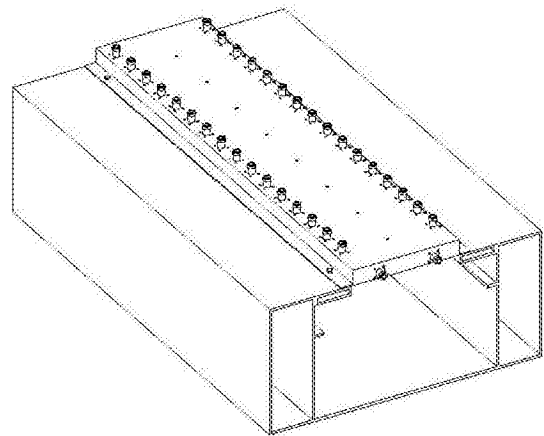


图2b

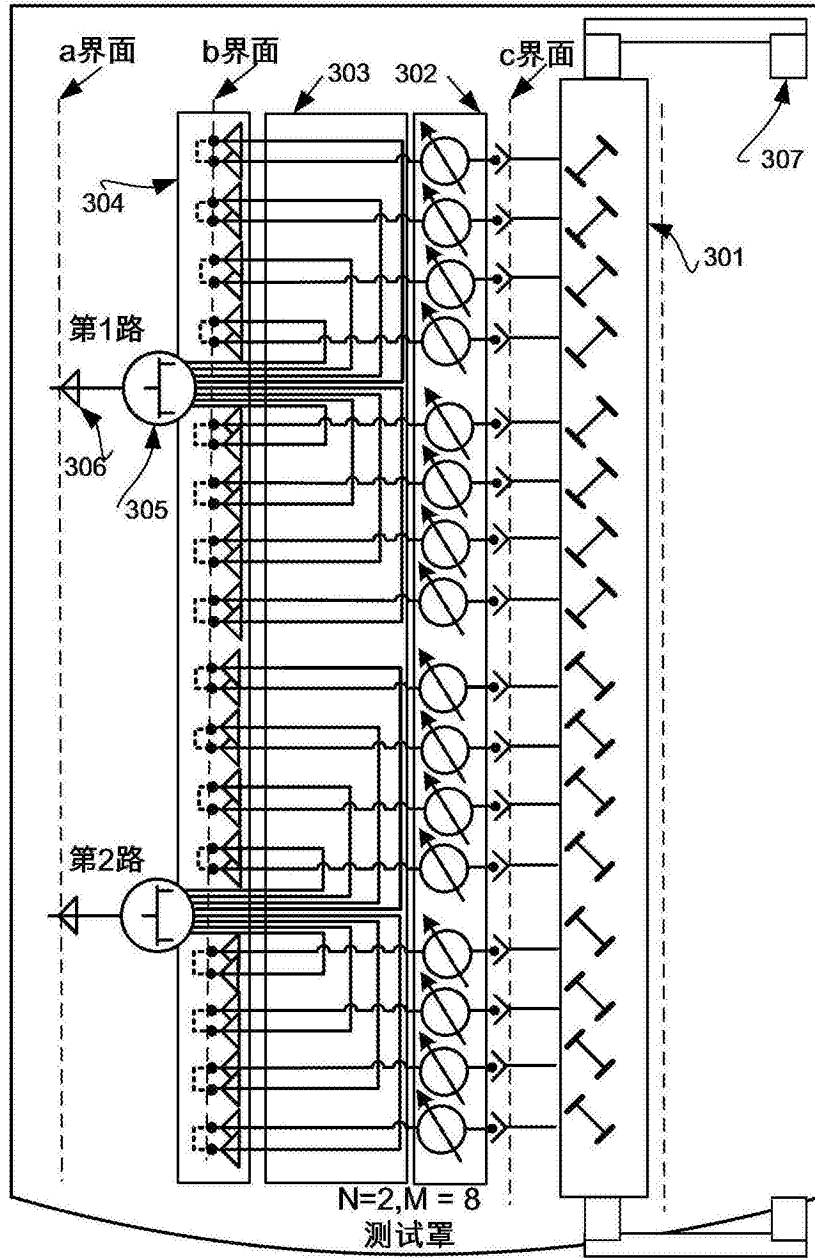


图3

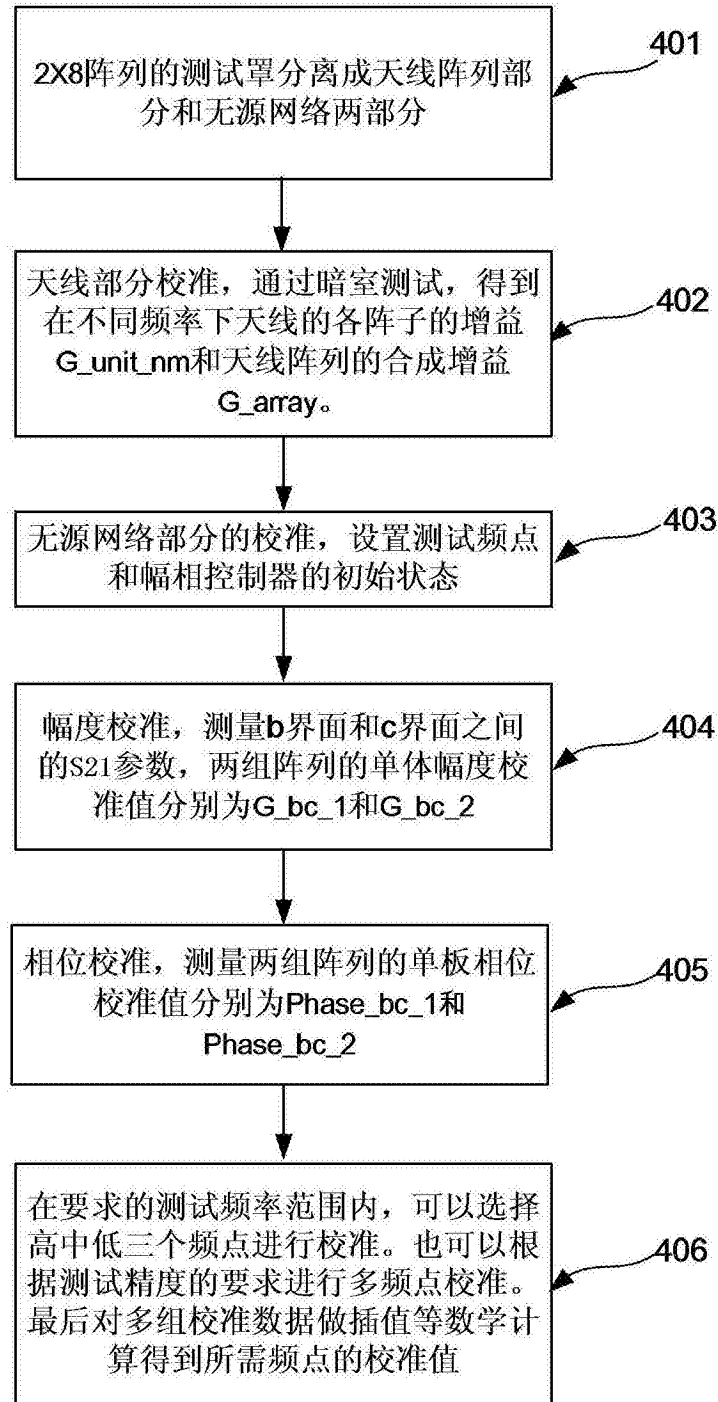


图4

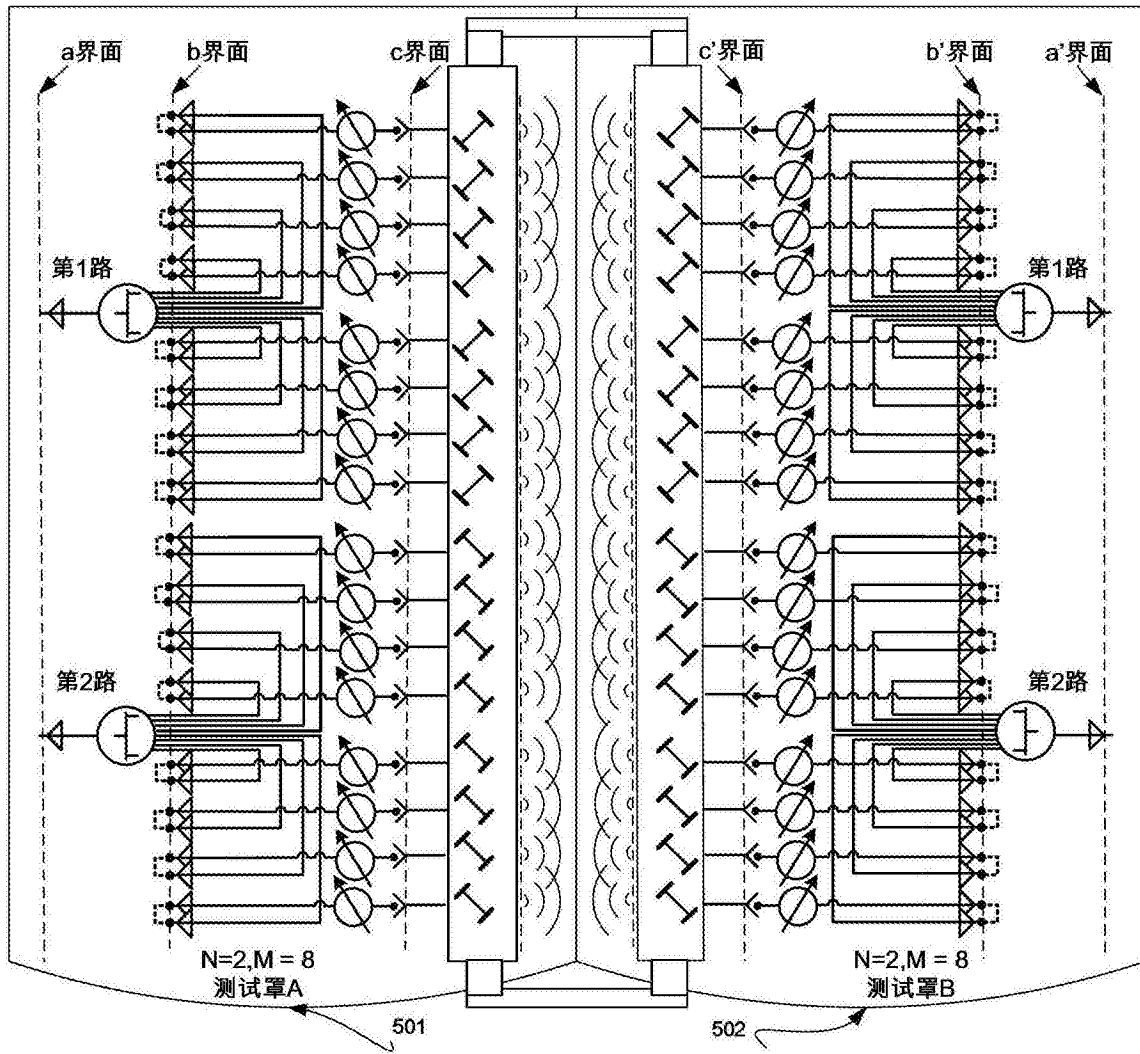


图5

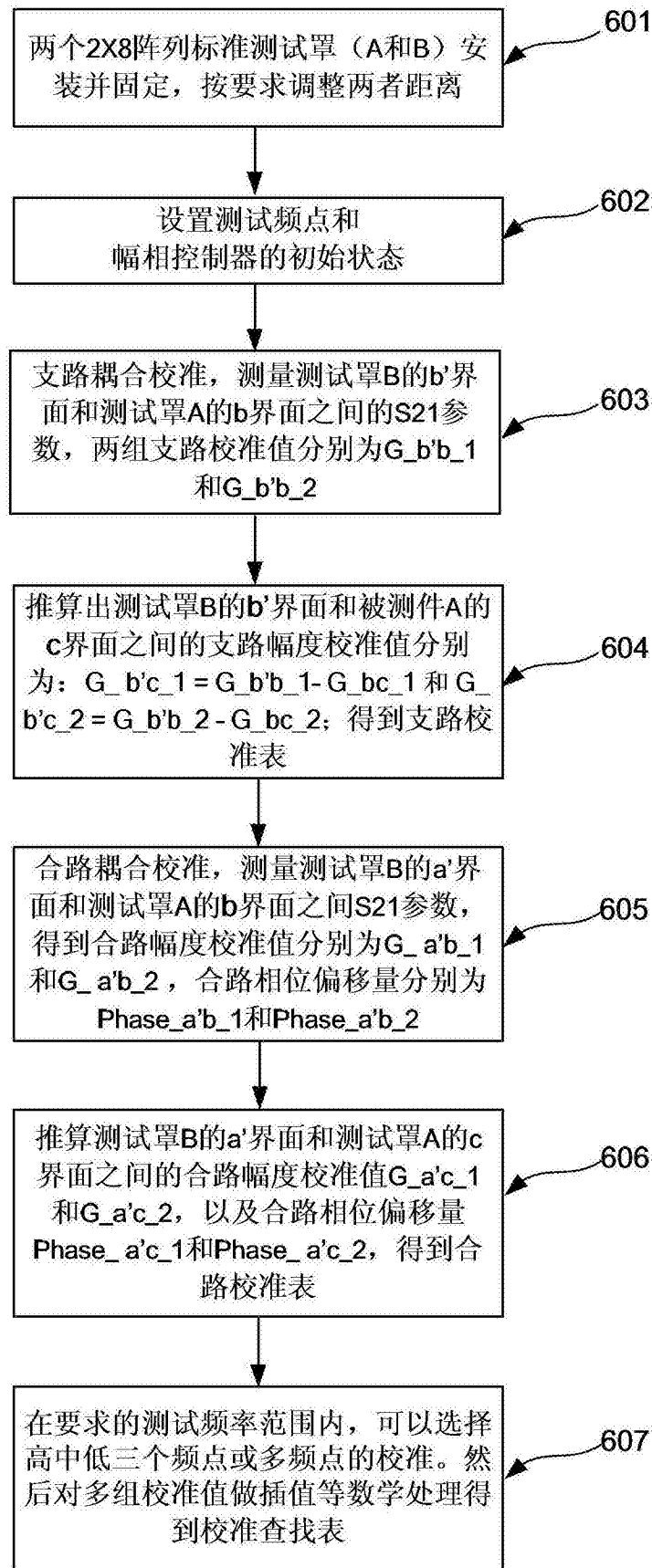


图6

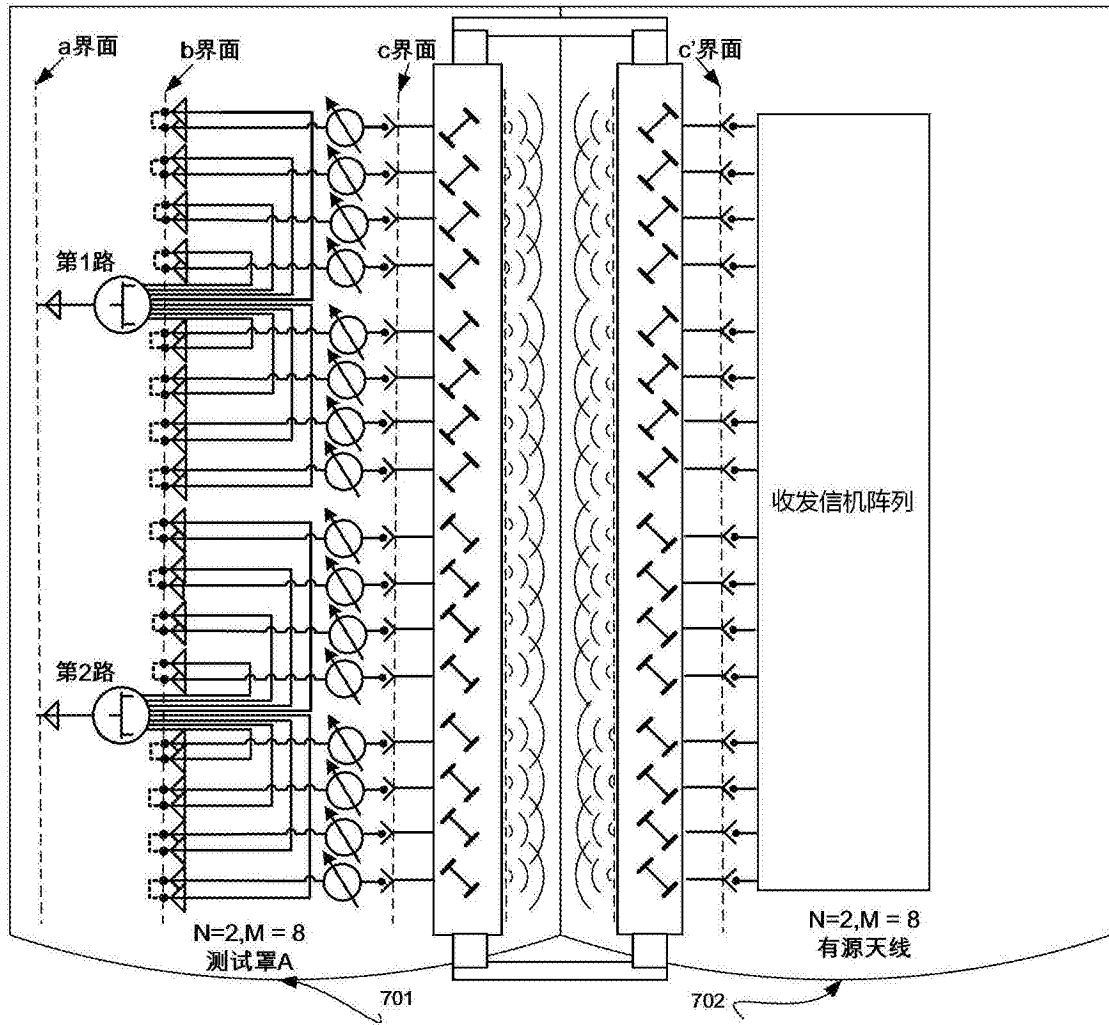


图7

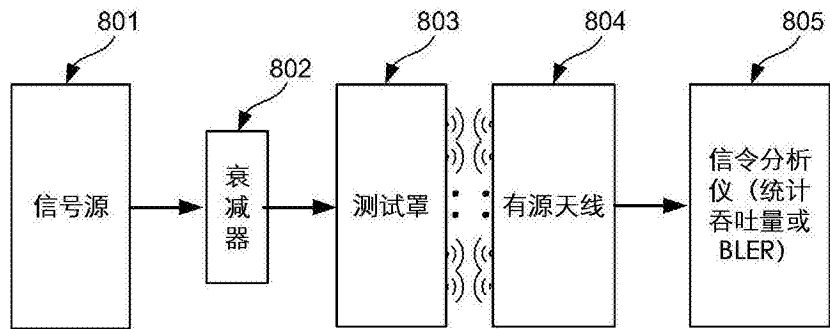


图8

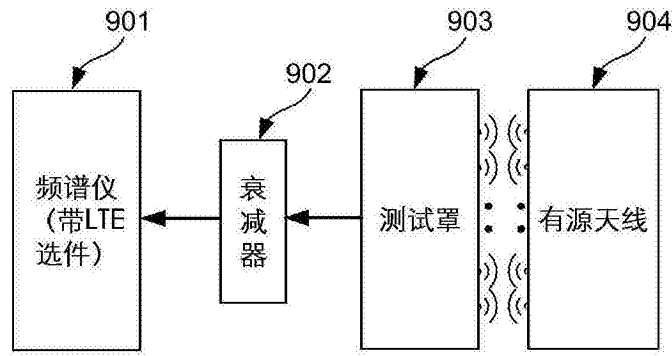


图9

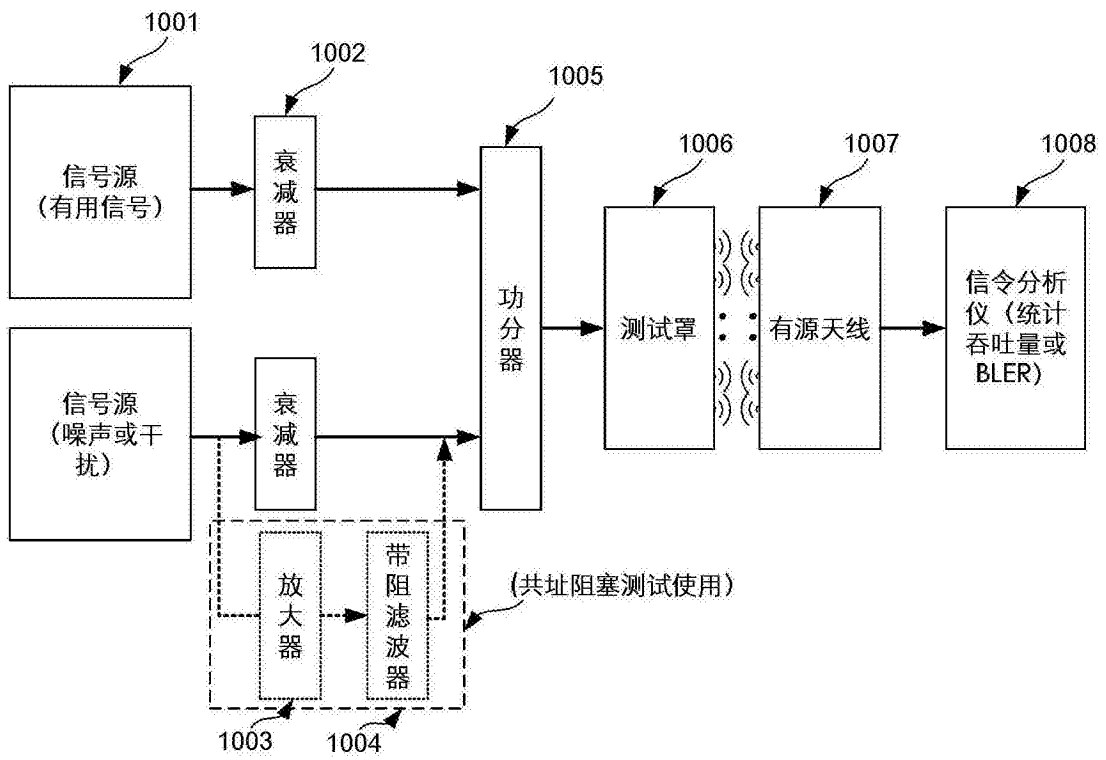


图10