



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104092027 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 29

(21) 申请号 201410315408. 8

CN 202121073 U, 2012. 01. 18,

(22) 申请日 2014. 07. 03

CN 103716080 A, 2014. 04. 09,

(73) 专利权人 东南大学

审查员 李琳

地址 211189 江苏省南京市江宁区东南大学
路 2 号

(72) 发明人 周健义 杨汶汶 岳寅

(74) 专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所
(普通合伙) 32249

代理人 黄成萍

(51) Int. Cl.

H01Q 21/00(2006. 01)

H01Q 3/26(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101569058 A, 2009. 10. 28,

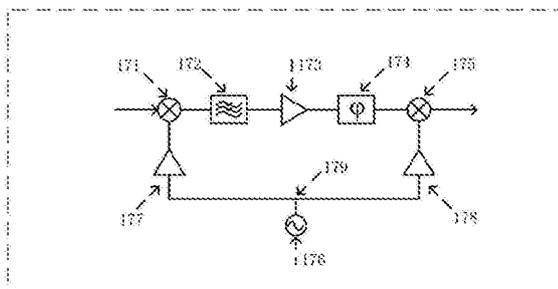
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于矢量调制器上下变频模块的有源一体化天线

(57) 摘要

本发明公开了一种基于矢量调制器上下变频模块的有源一体化天线,包括本振模块、射频收发模块、天线单元和电源及控制模块,射频收发模块内设置有矢量调制器上下变频模块;本振模块通过 A 功分器与矢量调制器上下变频模块相连,射频收发模块通过功分器/合路器相连;通过矢量调制器上下变频模块完成对对应射频通道的幅度和相位调制;电源及控制模块为整个有源一体化天线供电并进行控制。与以往所提有源一体化天线不同,本发明中的有源一体化天线的幅度及相位调制功能由矢量调制器上下变频模块完成,该模块在不影响射频收发信号相位噪声性能的基础上可有效拓展幅相调制频率范围,并且实现成本低,并可调整辐射强度和覆盖范围。



1. 一种基于矢量调制器上下变频模块的有源一体化天线,其特征在于:包括本振模块(4)、射频收发模块(1)、天线单元(2)和电源及控制模块(3),射频收发模块(1)内设置有矢量调制器上下变频模块(17);本振模块(4)通过A功分器(6)与矢量调制器上下变频模块(17)相连,射频收发模块(1)通过功分器/合路器(5)相连;每个射频收发模块(1)上均设置有天线单元(2),所有射频收发模块(1)及对应的天线单元(2)构成天线阵列;通过矢量调制器上下变频模块(17)完成对对应射频通道的幅度和相位调制;电源及控制模块(3)为整个有源一体化天线供电并进行控制;

所述矢量调制器上下变频模块(17)包括A混频器(171)、中频滤波器(172)、中频放大器(173)、矢量调制器(174)、B混频器(175)、A中频放大器(177)、B中频放大器(178)和B功分器(179);本振模块(4)经A功分器(6)产生的各路本振信号(176),分别接入各个矢量调制器上下变频模块(17)的B功分器(179)中,再经B功分器(179)分为两路,一路经A中频放大器(177)接入A混频器(171)的本振端口,另一路经B中频放大器(178)接入B混频器(175)的本振端口,A混频器(171)的中频端口依次经过中频滤波器(172)、中频放大器(173)和矢量调制器(174)后,与B混频器(175)的中频端口相连;

所述射频收发模块(1)包括A射频开关(11)、功率放大器(12)、A射频滤波器(13)、B射频开关(14)、B射频滤波器(15)、C射频开关(16)、矢量调制器上下变频模块(17)、D射频开关(18)、C射频滤波器(19)和低噪声放大器(110);A射频开关(11)的发射端口依次经过功率放大器(12)和A射频滤波器(13)后,与B射频开关(14)的发射端口相连;B射频开关(14)的接收端口经过B射频滤波器(15)后,与C射频开关(16)的接收端口相连;C射频开关(16)的发射端口与D射频开关(18)的发射端口相连;D射频开关(18)的接收端口依次经过C射频滤波器(19)和低噪声放大器(110)后,与A射频开关(11)的接收端口相连;

所述A混频器(171)的射频端口与D射频开关(18)的公共端口相连,B混频器(175)的射频端口与B射频开关(14)的公共端口相连,A射频开关(11)的公共端口与天线单元(2)相连,C射频开关(16)的公共端口接入功分器/合路器(5)。

一种基于矢量调制器上下变频模块的有源一体化天线

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于矢量调制器上下变频模块的有源一体化天线,属于通信技术。

背景技术

[0002] 随着移动通信技术的飞速发展,有源一体化天线作为基站演进的方向之一应运而生,然而,有源一体化天线的概念并非一蹴而就,它的产生与相控阵技术、微波集成电路技术以及无线通信与信号处理技术的发展密不可分,是这些技术综合发展的产物。基于有源一体化天线的基站与传统基站相比拥有明显优势。首先,有源一体化天线集成了RRH(Remote Radio Unit)以及RET(Remote Electrical Tilt),显著减小了占用的天面资源,随着天线与射频器件的宽带化,支持多制式的有源天线将会进一步的节约天面资源。其次,有源一体化天线由于省去了RRH以及RET与天线连接的馈线而减小了射频馈线电缆的功率损耗,同时,射频部分与天线的直接集成使热量分布于表面积较大的天线结构中并且自然散热,可以有效实现基站的高效节能。最后,有源一体化天线一般多采用分布式多通道设计结构,具有一定的自我修复能力,当系统某些阵子失效后,可通过调整其余阵子的幅度和相位来补偿波束仰角误差及增益,更值得一提的是,有源一体化天线灵活的电子下倾角及波束赋形技术可以实现垂直多扇区,通过进一步的网络优化调整可以使系统容量和覆盖明显提升。因此,有源一体化天线在新一代宽带移动通信网建设中占有重要地位。

[0003] 作为有源一体化天线的关键技术之一,波束成形的架构将直接影响到有源一体化天线的整体复杂度、灵活性及性能,因此,该架构设计自然成了重点研究对象。按波束成形功能实现所处位置可将波束成形的架构分为射频实现波束成形、本振实现波束成形、基带实现波束成形以及数字域波束成形。本振实现波束成形需要庞大的本振功分网络,且其对本振信号的相位噪声要求往往极高,因为本振的相位噪声性能将直接带入射频信号。数字域波束成形架构中,I/Q不平衡对其性能影响很大并且该结构在高频段应用时,对低功耗、高精度以及高速ADC的需求成为其瓶颈。射频实现波束成形的架构因其使用的元器件最少、省去庞大的功分结构而布板简单紧凑以及易于滤去杂散干扰等优势而具有良好的应用前景。然而,在射频实现波束成形的架构中,移相器的设计具有极大的挑战性。在低频段例如700MHz到5GHz,具有实时相位延迟(True time delay)的移相器因电尺寸较大而往往需占用很大的面积,并且其移相精度很差。有源的移相器可以具有较小的封装以及较高的移相精度,但是其支持的频率范围很有限,例如著名的美国亚德诺半导体公司(ADI)提供的矢量调制器芯片AD8340工作频率为700MHz到1GHz,AD8341工作频率为1.5GHz到2.4GHz;Hittite公司提供的HMC630的工作频率为700MHz到1GHz,HMC500的工作频率为1.8GHz到2.2GHz

发明内容

[0004] 发明目的:为了克服现有技术中存在的不足,本发明提供一种基于矢量调制器上下变频模块的有源一体化天线,可适用于多种工作频率范围,且效率高、成本低。

[0005] 技术方案:为实现上述目的,本发明采用的技术方案为:

[0006] 一种基于矢量调制器上下变频模块的有源一体化天线,包括本振模块、射频收发模块、天线单元和电源及控制模块,射频收发模块内设置有矢量调制器上下变频模块;本振模块通过A功分器与矢量调制器上下变频模块相连,射频收发模块通过功分器/合路器相连;每个射频收发模块上均设置有天线单元,所有射频收发模块及对应的天线单元构成天线阵列;通过矢量调制器上下变频模块完成对对应射频通道的幅度和相位调制;电源及控制模块为整个有源一体化天线供电并进行控制。

[0007] 优选的,所述矢量调制器上下变频模块包括A混频器、中频滤波器、中频放大器、矢量调制器、B混频器、A中频放大器、B中频放大器和B功分器;本振模块经A功分器产生的各路本振信号,分别接入各个矢量调制器上下变频模块的B功分器中,再经B功分器分为两路,一路经A中频放大器接入A混频器的本振端口,另一路经B中频放大器接入B混频器的本振端口,A混频器的中频端口依次经过中频滤波器、中频放大器和矢量调制器后,与B混频器的中频端口相连;

[0008] 所述射频收发模块包括A射频开关、功率放大器、A射频滤波器、B射频开关、B射频滤波器、C射频开关、矢量调制器上下变频模块、D射频开关、C射频滤波器和低噪声放大器;A射频开关的发射端口依次经过功率放大器和A射频滤波器后,与B射频开关的发射端口相连;B射频开关的接收端口经过B射频滤波器后,与C射频开关的接收端口相连;C射频开关的发射端口与D射频开关的发射端口相连;D射频开关的接收端口依次经过C射频滤波器和低噪声放大器后,与A射频开关的接收端口相连;

[0009] 所述A混频器的射频端口与D射频开关的公共端口相连,B混频器的射频端口与B射频开关的公共端口相连,A射频开关的公共端口与天线单元相连,C射频开关的公共端口接入功分器/合路器。

[0010] 有益效果:本发明提供的基于矢量调制器上下变频模块的有源一体化天线,具有以下优点:

[0011] (1)本发明具有较宽的频率应用范围。虽然单个矢量调制器的工作频率范围很有限,但本发明所采用的矢量调制器上下变频模块可通过上下变频的方法先将所需应用的射频频率变至矢量调制器的工作频率即中频频率,在该中频频率上完成幅度及相位调制操作后再变回至射频频率,因此,该模块可有效拓展矢量调制器的工作频率范围,从而,本发明的一种基于矢量调制器上下变频模块的有源一体化天线可具有较宽的频率应用范围。

[0012] (2)本发明中的矢量调制器上下变频模块在有效拓展矢量调制器工作频率范围的同时不影响射频信号的相位噪声性能。该矢量调制器上下变频模块所采用的两次变频技术抵消了本振信号相位噪声对射频信号相位噪声的影响,因此不会影响射频信号的相位噪声性能。

[0013] (3)本发明布板紧凑、成本低。本发明采用射频实现移相架构,所需元器件及功分网络最少,且矢量调制器可同时完成幅度调制和相位调制,较之传统的衰减器+移相器结构更紧凑。本发明中的矢量调制器上下变频模块可以抵消本振相位噪声对系统性能的影响,因此可采用低成本、性能较差的本振方案。

[0014] (4)本发明具有有源一体化天线所具有的优点。有源一体化天线具有可达80%-90%的天馈效率,可有效实现波束指向的配置及 $\pm 40^\circ$ 范围的扫描,并可调整辐射强度和覆

盖范围,还具备一定的自我修复能力,本发明同样具有上述等优点。

附图说明

- [0015] 图1为本发明的整体结构示意图;
[0016] 图2为矢量调制器上下变频模块结构示意图;
[0017] 图3为射频收发模块结构示意图;
[0018] 图4是实施实例中本振信号的相位噪声;
[0019] 图5是实施实例中接收链路输入射频信号的相位噪声;
[0020] 图6是实施实例中接收链路输出射频信号的相位噪声;
[0021] 图7是实施实例在垂直面内的波束扫描测试结果。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图对本发明作更进一步的说明。

[0023] 如图1所示为一种基于矢量调制器上下变频模块的有源一体化天线,包括本振模块4、射频收发模块1、天线单元2和电源及控制模块3,射频收发模块1内设置有矢量调制器上下变频模块17;本振模块4通过A功分器6与矢量调制器上下变频模块17相连,射频收发模块1通过功分器/合路器5相连;每个射频收发模块1上均设置有天线单元2,所有射频收发模块1及对应的天线单元2构成天线阵列;通过矢量调制器上下变频模块17完成对对应射频通道的幅度和相位调制;电源及控制模块3为整个有源一体化天线供电并进行控制。

[0024] 如图2所示,所述矢量调制器上下变频模块17包括A混频器171、中频滤波器172、中频放大器173、矢量调制器174、B混频器175、A中频放大器177、B中频放大器178和B功分器179;本振模块4经A功分器6产生的各路本振信号176,分别接入各个矢量调制器上下变频模块17的B功分器179中,再经B功分器179分为两路,一路经A中频放大器177接入A混频器171的本振端口,另一路经B中频放大器178接入B混频器175的本振端口,A混频器171的中频端口依次经过中频滤波器172、中频放大器173和矢量调制器174后,与B混频器175的中频端口相连。

[0025] 如图3所示,所述射频收发模块1包括A射频开关11、功率放大器12、A射频滤波器13、B射频开关14、B射频滤波器15、C射频开关16、矢量调制器上下变频模块17、D射频开关18、C射频滤波器19和低噪声放大器110;A射频开关11的发射端口依次经过功率放大器12和A射频滤波器13后,与B射频开关14的发射端口相连;B射频开关14的接收端口经过B射频滤波器15后,与C射频开关16的接收端口相连;C射频开关16的发射端口与D射频开关18的发射端口相连;D射频开关18的接收端口依次经过C射频滤波器19和低噪声放大器110后,与A射频开关11的接收端口相连。

[0026] 如图2、图3所示,所述A混频器171的射频端口与D射频开关18的公共端口相连,B混频器175的射频端口与B射频开关14的公共端口相连,A射频开关11的公共端口与天线单元2相连,C射频开关16的公共端口接入功分器/合路器5。

[0027] 本案的电路功能可通过发射与接收两种工作状态来描述,下面加以具体说明。

[0028] 当该有源一体化天线工作于接收状态时,A射频开关11、B射频开关14、C射频开关16和D射频开关18切至接收端口,天线单元2将接收到的电磁波信号转变成射频信号,该射

频信号经射频收发模块1中的A射频开关11至低噪声放大器110放大及C射频滤波器19滤除带外干扰后,进入矢量调制器上下变频模块17;此时,该射频信号先由A混频器171下混频至矢量调制器174的工作频率范围内,经过中频滤波器172滤除带外干扰并经中频放大器173放大后,通过矢量调制器174进行幅度及相位调制,然后由B混频器175上混频至原射频频率,并经过B射频滤波器15滤除带外干扰,最后各路接收信号在功分器/合路器5完成合路。

[0029] 当该有源一体化天线工作于发射状态时,A射频开关11、B射频开关14、C射频开关16和D射频开关18切至发射端口,射频信号在功分器/合路器5完成功分后,再经射频收发模块1中的C射频开关16和D射频开关18,进入矢量调制器上下变频模块17;此时,该射频信号先由A混频器171下混频至矢量调制器174的工作频率范围内,经过中频滤波器172滤除带外干扰并经中频放大器173放大后,通过矢量调制器174进行幅度及相位调制,然后由B混频器175上混频至原射频频率,并经过A射频滤波器13滤除带外干扰,最后该射频信号由功率放大器12放大后经A射频开关11至天线单元2转换为电磁波信号辐射出去。

[0030] 可以看出,本案中发射与接收链路共用一个矢量调制器上下变频模块17完成对射频信号的幅度及相位调制。另外,收发模式的切换以及各收发模块中对射频信号的幅度及相位调制均可由电源及控制模块3控制。本案可以有效实现波束指向的配置和扫描,并可调整辐射强度和覆盖范围,

[0031] 下面结合一个实施例对本案作出进一步的说明。

[0032] 该实施例天线为可远程控制的有源一体化天线阵列,其射频工作频段为2.5GHz~2.7GHz,系统工作在TDD模式,收发通过开关进行切换,中频频率为1.5GHz~1.7GHz,天线阵列为垂直方向8单元等间距分布一维阵列,每个射频单元最大发射功率为30dBm,天线单元的增益为6dBi,整个天线阵列最大的EIRP(Effective Isotropic Radiated Power)约为53dBm;天线阵列的辐射波束在垂直平面的3dB波束宽度为12°,水平平面内的3dB波束宽度为85°,垂直平面内的波束可在±40°范围内指向任意角度。

[0033] 图4给出了实施实例中本振信号的相位噪声,图5和图6分别给出了实例中接收链路输入射频信号与输出射频信号的相位噪声,可以看出,虽然本振的相位噪声较差,而接收链路的输出相位噪声与输入相位噪声基本一致,这充分说明了本案采用的矢量调制器上下变频模块中的本振相位噪声并不影响收发链路中射频信号的性能。

[0034] 图4中,信号功率为-11dBm,信号频率为4.2GHz,从附图中摘取的表格数据如下:

[0035] 表1 本振信号的相位噪声

[0036]

频率偏移量 (kHz)	1	10	100	1000
相位噪声 (dBc/Hz)	-73.52	-78.99	-88.43	-129.88

[0037] 图5中,信号功率为-23dBm,信号频率为2.6GHz,从附图中摘取的表格数据如下:

[0038] 表2 接收链路输入射频信号的相位噪声

[0039]

频率偏移量 (kHz)	1	10	100	1000
相位噪声 (dBc/Hz)	-99.8	-118.68	-119.36	-126.62

[0040] 图6中,信号功率为-23dBm,信号频率为2.6GHz,从附图中摘取的表格数据如下:

[0041] 表3 接收链路输出射频信号的相位噪声

[0042]

频率偏移量 (kHz)	1	10	100	1000
相位噪声 (dBc/Hz)	-100.84	-117.9	-120.36	-126.38

[0043] 图7给出了本发明天线在垂直平面内波束扫描测试结果,虽然该结果以 10° 为间隔,实际上该扫描波束可以在 $\pm 40^\circ$ 范围内精确指向指定位置。

[0044] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

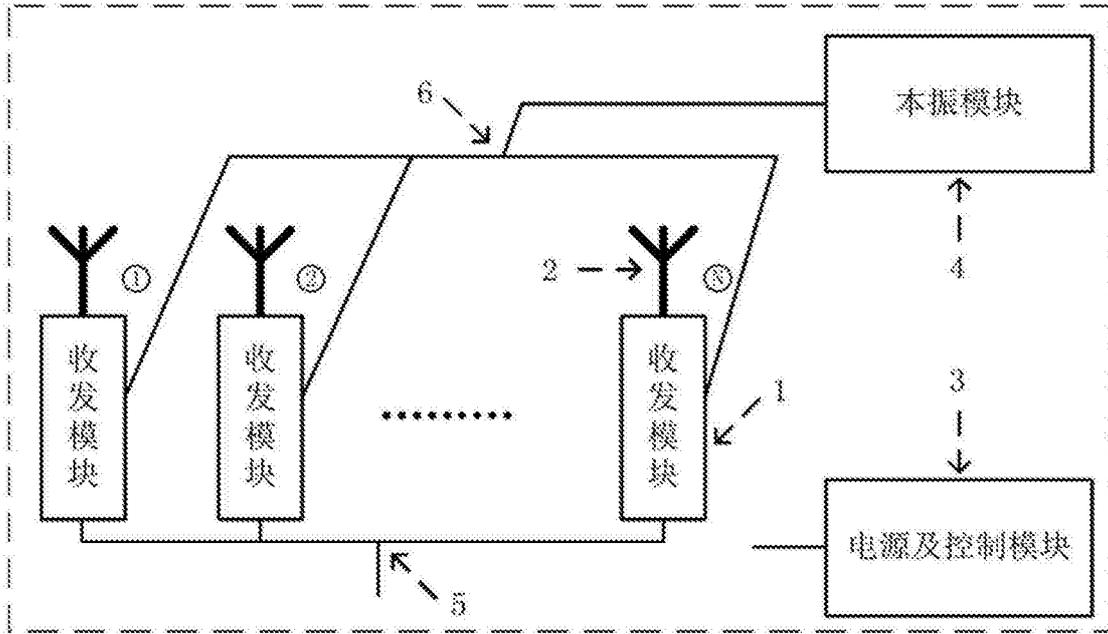


图1

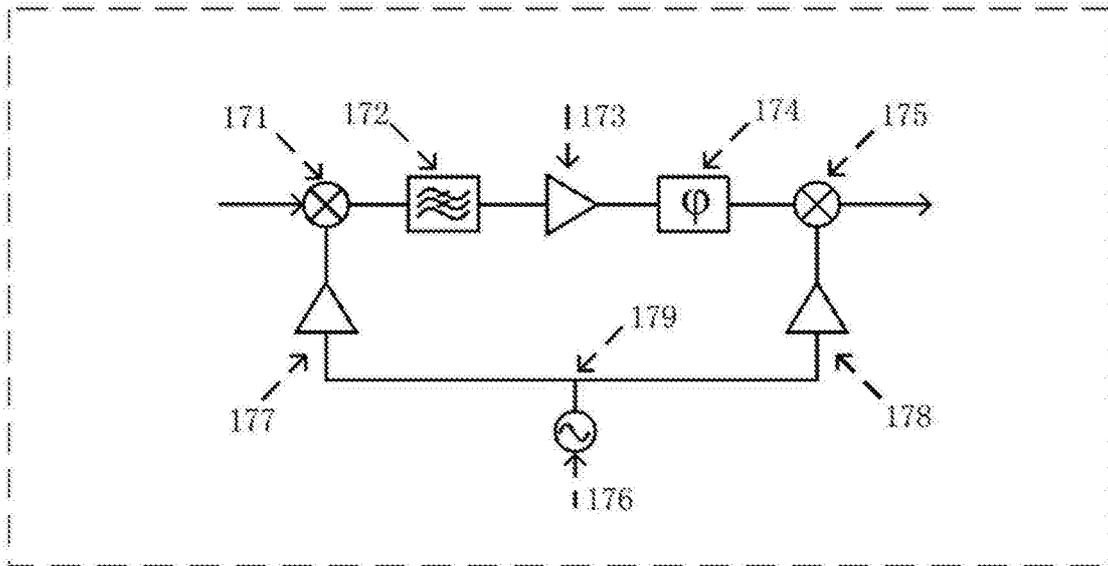


图2

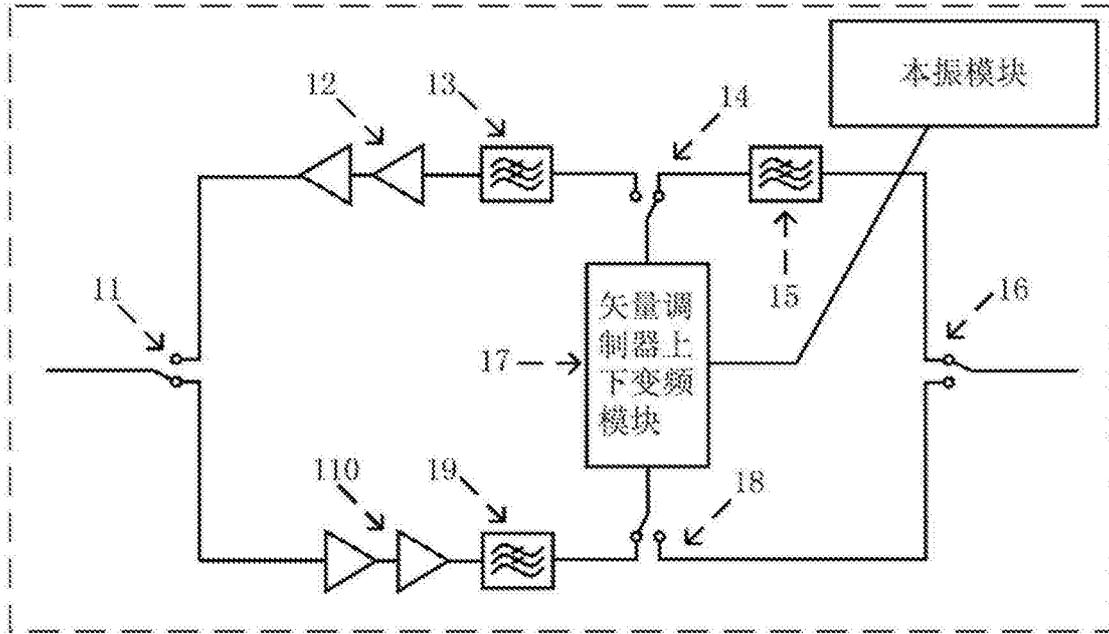


图3

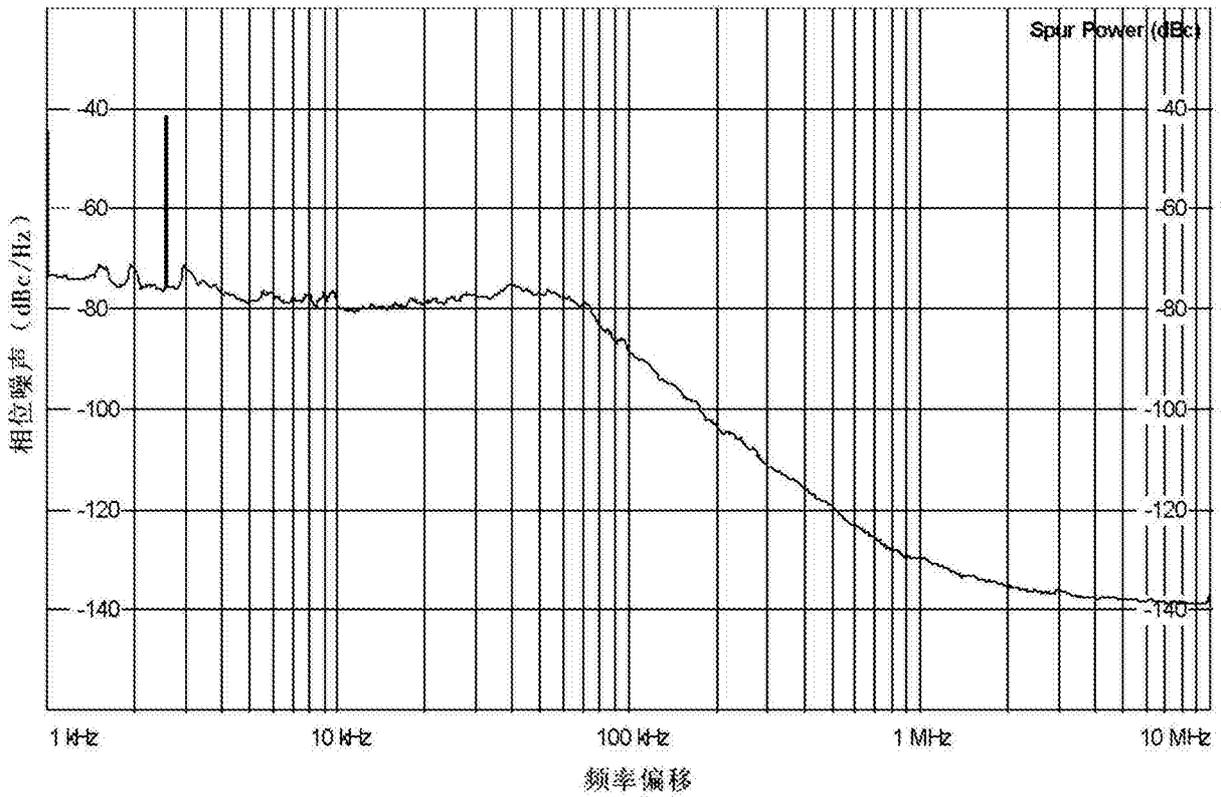


图4

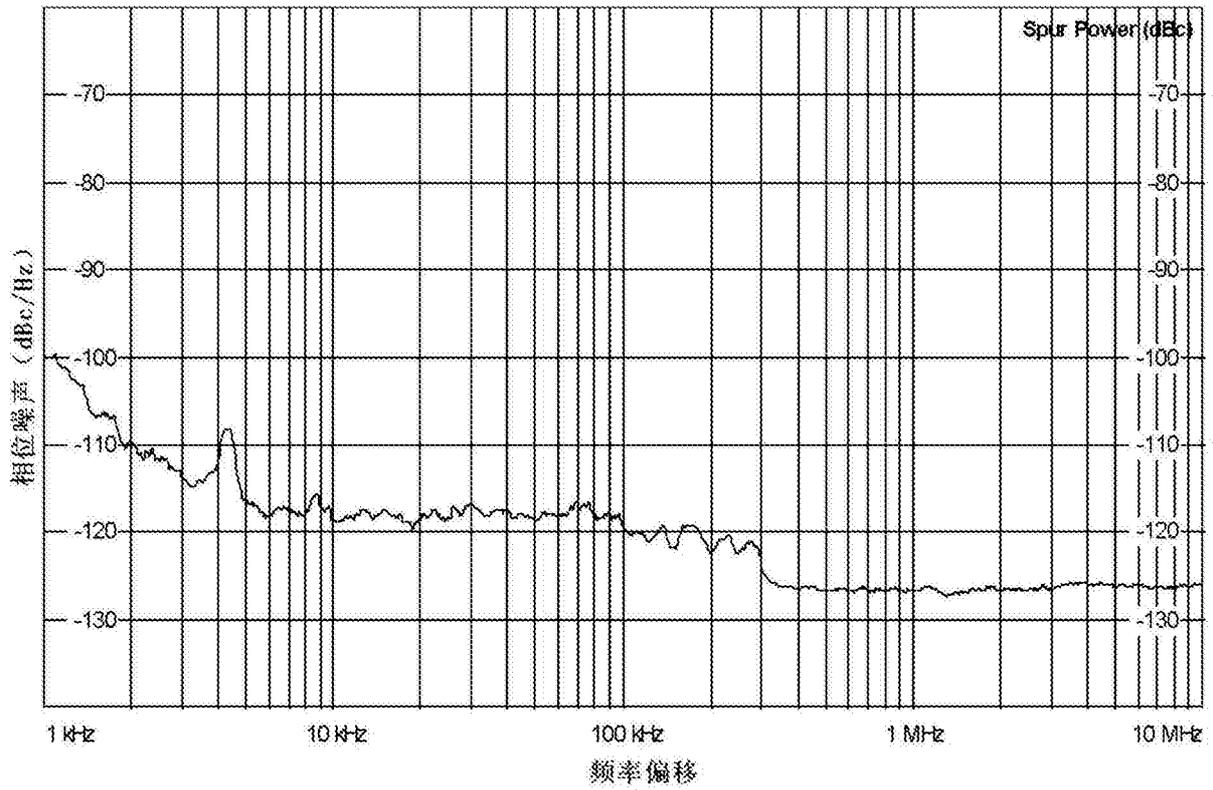


图5

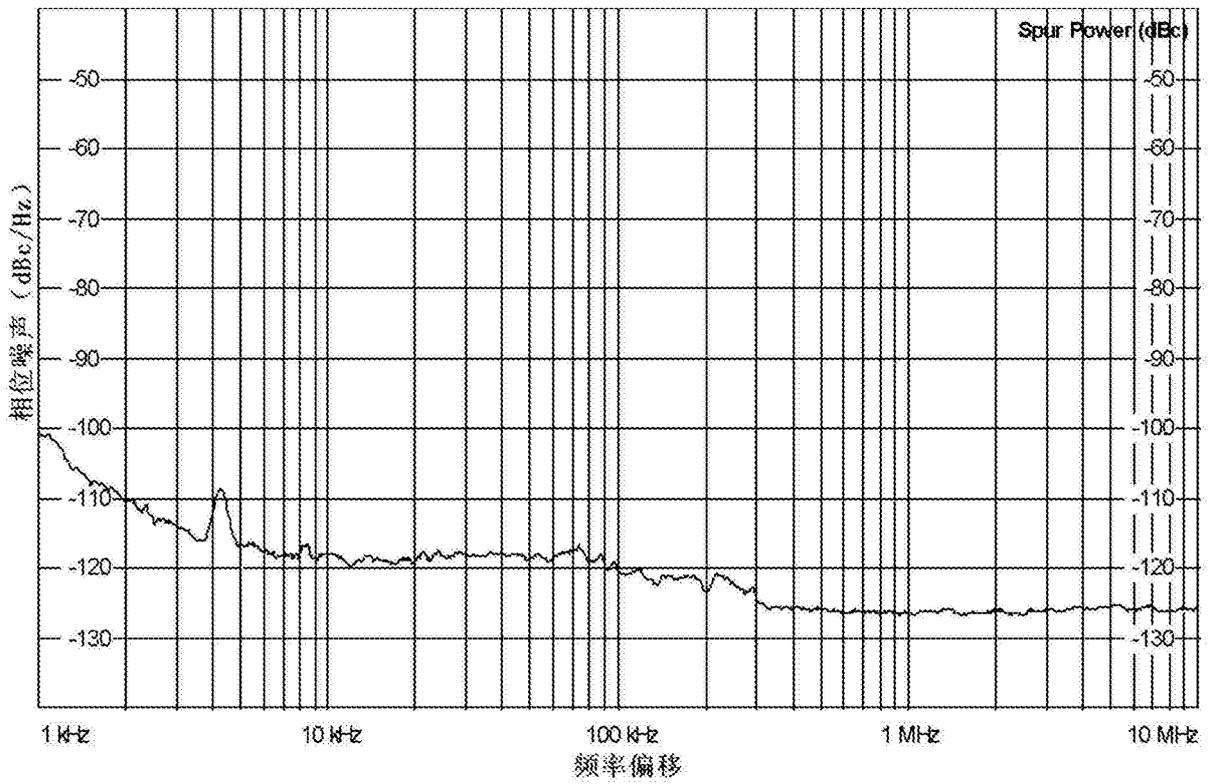


图6

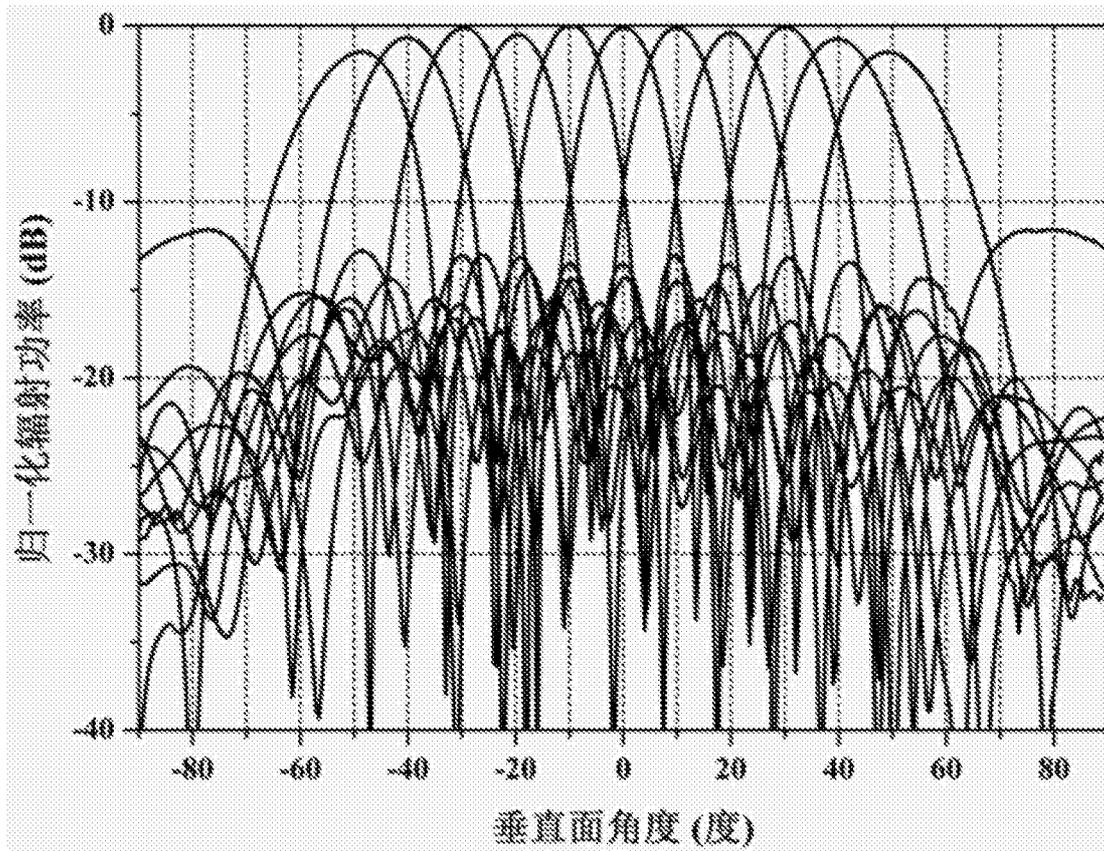


图7