



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202494777 U

(45) 授权公告日 2012. 10. 17

(21) 申请号 201220075534. 7

(22) 申请日 2012. 03. 02

(73) 专利权人 中国电子科技集团公司第三十八研究所

地址 230000 安徽省合肥市高新技术开发区香樟大道 199 号

(72) 发明人 郭琳 江建民

(74) 专利代理机构 安徽汇朴律师事务所 34116
代理人 丁瑞瑞

(51) Int. Cl.
G01S 7/00 (2006. 01)

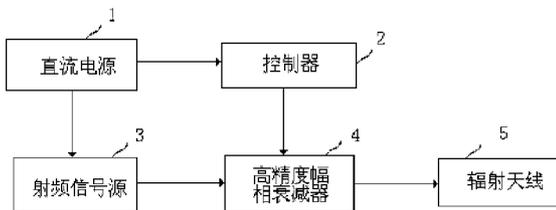
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 实用新型名称

天线模拟系统

(57) 摘要

本实用新型提供了一种天线模拟系统,解决了目前射频模拟天线类型单一、模拟精度低、响应速度慢等问题,该天线模拟系统包括:为控制器及射频信号源提供正常工作所需电源的直流电源;对射频信号源输出的射频信号进行幅度相位调制的高精度幅相衰减器;控制高精度幅相衰减器对射频信号源产生的射频信号进行幅度相位调制的控制器;以及把经过高精度幅相衰减器调制的射频信号发射出去的辐射天线。该实用新型的优点在于:模拟天线类型多样、模拟精度高、响应速度快、实用性强、成本低。



1. 一种天线模拟系统,其特征在于:包括
为控制器及射频信号源提供正常工作所需电源的直流电源;
对射频信号源输出的射频信号进行幅度相位调制的高精度幅相衰减器;
控制高精度幅相衰减器对射频信号源产生的射频信号进行幅度相位调制的控制器;以
及

把经过高精度幅相衰减器调制的射频信号发射出去的辐射天线。

2. 如权利要求 1 所述的天线模拟系统,其特征在于:当所述天线模拟系统作为雷达或电子对抗模拟器的一个分系统时,控制器集成于雷达或电子对抗模拟器的波控系统中。

3. 如权利要求 1 所述的天线模拟系统,其特征在于:当所述天线模拟系统作为雷达或电子对抗模拟器的一个分系统且雷达或电子对抗模拟器自身含有射频信号源时,则所述射频信号源即为雷达或电子对抗模拟器自身含有的射频信号源。

4. 如权利要求 1 所述的天线模拟系统,其特征在于:所述控制器的电路包括第一至第十一集成电路(IC1~IC11),其中第一至四集成电路(IC1~IC4)为电源及时钟电路,第五、六集成电路(IC5~IC6)为编码转换电路,第七集成电路(IC7)为缓存电路,第八至十一集成电路(IC8~IC11)为驱动电路;

所述高精度幅相衰减器包括第十二集成电路(IC12)和第十三集成电路(IC13),所述第十二、十三集成电路分别为衰减模块和移相模块;

其中第一、二集成电路(IC1、IC2)连接到第五集成电路(IC5),第三、四集成电路(IC3、IC4)连接到第六集成电路(IC6),第一、三集成电路(IC1、IC3)相连,作为控制器的控制信号的一个输入端,第二、四集成电路(IC2、IC4)相连,作为控制器的控制信号的另一个输入端,第一至四集成电路(IC1、IC2、IC3、IC4)相连的节点作为时钟信号输入端,第五、六集成电路(IC5、IC6)同时连接到第七集成电路(IC7),第七集成电路(IC7)输出分别连接到第八至十一集成电路(IC8~IC11),第八、九集成电路(IC8、IC9)同时连接到第十二集成电路(IC12),第十、十一集成电路(IC10、IC11)同时连接到第十三集成电路(IC13),第十二集成电路(IC12)的输出端与第十三集成电路(IC13)的输入端相连,所述射频信号源产生的射频信号从第十二集成电路(IC12)的输入端输入,从第十三集成电路(IC13)的输出端输出。

5. 如权利要求 4 所述的天线模拟系统,其特征在于:所述衰减模块和移相模块为单片微波集成电路。

天线模拟系统

技术领域：

[0001] 本实用新型专利涉及一种天线模拟系统，特别是一种通用天线模拟系统。

技术背景：

[0002] 现代雷达、电子对抗设备功能日益复杂，对其性能的定量评估变得越来越困难。因此，研制各种各样的模拟器用于评估电子设备功能越来越受到人们的重视。模拟器根据不同的用途和要求可以分为数字视频模拟器、视频模拟器、中频模拟器和射频模拟器四类。在这四类模拟器中，数字视频模拟器和视频模拟器属于数字信号仿真，利用雷达方程、干扰方程建立仿真模型，这类仿真实现容易但功能简单，真实性差；中频模拟器是在中频实现信号仿真，它较视频仿真具有更高的真实性，系统也较视频仿真复杂，但是由于系统中没有包含射频信号信息，因此真实性仍没有射频模拟器高。射频模拟器逼真度最高，因为射频模拟器包含了被模拟设备的所有信息及功能，甚至可以作为一部被模拟设备使用，是一种半实物模拟仿真系统。同时从制造成本考虑，射频模拟器不能只模拟单一设备而要能模拟不同类型的设备即具有通用性，因此射频模拟器系统复杂、实现难度大。一般设备的视频部分及中频部分在信号类型及功能上具有一定的相似性，这也是视频模拟器及中频模拟器实现相对容易的原因，而设备的射频部分特别是天馈部分则是多种多样，种类繁多，而且涉及的性能指标较多，这就导致射频模拟器实现通用化难度大，因此解决天线系统模拟的通用性问题是实现射频模拟器模拟不同类型设备功能的关键。

[0003] 综上，目前同类型天线模拟系统存在模拟天线类型单一、模拟精度低等问题。

实用新型内容：

[0004] 本实用新型要解决目前常用射频天线模拟系统模拟天线类型单一、模拟精度低、响应速度慢等问题，使天线模拟系统可满足高精度、通用、实时的射频雷达（或电子对抗）模拟器技术要求。

[0005] 本发明是通过以下技术手段解决上述技术问题的：一种天线模拟系统，包括：

[0006] 为控制器及射频信号源提供正常工作所需电源的直流电源；

[0007] 对射频信号源输出的射频信号进行幅度相位调制的高精度幅相衰减器；

[0008] 控制高精度幅相衰减器对射频信号源产生的射频信号进行幅度相位调制的控制器；以及

[0009] 把经过高精度幅相衰减器调制的射频信号发射出去的辐射天线。

[0010] 本实用新型进一步具体为：

[0011] 当所述天线模拟系统作为雷达或电子对抗模拟器的一个分系统时，控制器集成于雷达或电子对抗模拟器的波控系统中。

[0012] 当所述天线模拟系统作为雷达或电子对抗模拟器的一个分系统且雷达或电子对抗模拟器自身含有射频信号源时，则所述射频信号源即为雷达或电子对抗模拟器自身含有的射频信号源。

[0013] 本实用新型进一步具体为：所述控制器的电路包括第一至第十一集成电路(IC1~IC11)，其中第一至四集成电路(IC1~IC4)为电源及时钟电路，第五、六集成电路(IC5~IC6)为编码转换电路，第七集成电路(IC7)为缓存电路，第八至十一集成电路(IC8~IC11)为驱动电路；

[0014] 所述高精度幅相衰减器包括第十二集成电路(IC12)和第十三集成电路(IC13)，所述第十二、十三集成电路分别为衰减模块和移相模块；

[0015] 其中第一、二集成电路(IC1、IC2)连接到第五集成电路(IC5)，第三、四集成电路(IC3、IC4)连接到第六集成电路(IC6)，第一、三集成电路(IC1、IC3)相连，作为控制器的控制信号的一个输入端，第二、四集成电路(IC2、IC4)相连，作为控制器的控制信号的另一个输入端，第一至四集成电路(IC1、IC2、IC3、IC4)相连的节点作为时钟信号输入端，第五、六集成电路(IC5、IC6)同时连接到第七集成电路(IC7)，第七集成电路(IC7)输出分别连接到第八至十一集成电路(IC8~IC11)，第八、九集成电路(IC8、IC9)同时连接到第十二集成电路(IC12)，第十、十一集成电路(IC10、IC11)同时连接到第十三集成电路(IC13)，第十二集成电路(IC12)的输出端与第十三集成电路(IC13)的输入端相连，所述射频信号源产生的射频信号从第十二集成电路(IC12)的输入端输入，从第十三集成电路(IC13)的输出端输出。

[0016] 本实用新型的优点在于：

[0017] 1、模拟天线类型多样。由于采用分时模拟的方式，理论上可以模拟任意类型的天线，该系统可多个组合同时模拟不同的天线状态。可在射频上实时模拟各种类型天线波瓣图(如辛格、高斯、单脉冲、相控阵等)；

[0018] 2、模拟精度高(幅度误差 $\leq 0.3\text{dB}$ ，相位误差 $\leq 3^\circ$)，采用补偿校正方式在不提高控制码位的情况下将模拟精度提高一倍；

[0019] 3、响应速度快。本实用新型中系统的响应时间 $\leq 100\text{ns}$ ，在应用于高速实时模拟系统中具有重要价值；

[0020] 4、实用性强。可广泛应用于雷达信号模拟、电子对抗评估、通信及教学系统等领域；

[0021] 5、成本低。本系统组成器件少，较同类产品设计简洁、成本低。

附图说明

[0022] 图1 本实用新型天线模拟系统的结构原理框图。

[0023] 图2 本实用新型天线模拟系统的电路原理图。

[0024] 图3 是利用空域到时域的变换模拟天线方位波瓣的示意图。

[0025] 图4 是本实用新型在射频上实时模拟天线的辛格模拟方向图。

[0026] 图5 是本实用新型在射频上实时模拟天线的高斯模拟方向图。

具体实施方式：

[0027] 下面结合附图对本实用新型作进一步说明。

[0028] 请参阅图1，本实用新型天线模拟系统包括直流电源1、控制器2、射频信号源3、高精度幅相衰减器4、辐射天线5。

[0029] 所述直流电源 1 同时连接到控制器 2 和射频信号源 3, 控制器 2 和射频信号源 3 均连接到高精度幅相衰减器 4, 高精度幅相衰减器 4 连接辐射天线 5。

[0030] 直流电源 1 为控制器 2 及射频信号源 3 提供正常工作所需直流电源。

[0031] 控制器 2 主要功能为控制高精度幅相衰减器 4 对射频信号源 3 产生的 射频信号进行幅度相位调制, 生产所设置的幅度方向图及相位方向图, 通过控制器 2 可以改变高精度幅相衰减器 4 的控制码进而实现不同类型的天线方向图, 并且高精度幅相衰减器 4 的校正补偿码也是通过控制器 2 改变控制码完成。当天线模拟系统作为雷达(或电子对抗)模拟器的一个分系统时, 控制器 2 可集成于雷达(或电子对抗)模拟器的波控系统中。

[0032] 射频信号源 3 根据实际需要产生连续波射频信号或脉冲射频信号用于高精度幅相衰减器 4 调制加入天线方向图信息, 当天线模拟系统作为雷达(或电子对抗)模拟器的一个分系统且雷达(或电子对抗)模拟器自身含有射频信号源, 则可用雷达(或电子对抗)模拟器自身的射频信号源代替射频信号源 3。

[0033] 高精度幅相衰减器 4 主要功能是对射频信号源 3 产生的射频信号调制, 加入所设置天线方向图的幅度相位信息。由于系统是采用分时模拟的方式, 为确保模拟的实时性及模拟精度, 要求高精度幅相衰减器响应速度快($\leq 100\text{ns}$)、衰减及移相精度高(幅度误差 $\leq 0.3\text{dB}$, 相位误差 $\leq 3^\circ$)。

[0034] 辐射天线 5 主要功能是将经过方向图调制的射频信号发射出去。雷达(或电子对抗)模拟器的射频信息可以通过电缆注入的方式传送给被试验系统, 也可以通过空间辐射的方式传送给被试验系统, 本实用新型中辐射天线 5 在通过空间辐射的方式传送射频信号时采用。

[0035] 本实用新型的工作过程为: 首先开启直流电源 1 为控制器 2 及射频信号源 3 提供工作电源, 设置控制器 2 完成所需模拟的天线方向图的参数设置, 参数包含增益、3dB 波瓣宽度、副瓣电平、扫描范围、极化等, 设置射频信号源 3 的工作频率、带宽、功率等指标。然后由控制器 2 对高精度幅相衰减器 4 打码控制实现对射频信号源 3 输出的射频信号幅度相位调制, 最后通过辐射天线 5 辐射到空间。

[0036] 本实用新型采用的技术方案是通过空时变换原理, 将天线的空域方向图转换为时域方向图, 通过分时模拟来实现天线方向图及天线扫描功能, 天线方向图的幅度相位调制是由高精度幅相衰减器实现, 为保证系统的模拟精度, 采用校正补偿方式对高精度幅相衰减器控制精度补偿。使系统精度提高一倍。

[0037] 通常天线的方向图在空域上表现为不同的方位对应不同的幅度相位值, 所有方位上的幅度值综合成天线的幅度方向图, 所有方位上的相位值综合成天线的相位方向图。真实的天线系统在全空域的各个方位上都存在影响整个雷达(或电子对抗)系统的信息, 因此在模拟天线方向图的过程中应尽量包含全空域信息, 以免模拟结果失真。但如果要在空域上模拟全空域的射频信息, 往往只有采用与被模拟系统设备量相当的天线系统才能完成, 这将大大增加模拟系统的制造成本, 而且这样设计的天线系统只能适用于当前模拟的雷达(或电子对抗)系统, 若其他雷达(或电子对抗)系统在天线指标有略微差别将不能使用, 天线模拟系统的通用性很差。

[0038] 本实用新型根据空时变换的原理采用分时模拟的方式模拟真实天线系统在全空域各个方位的幅度相位信息, 并在时域上模拟天线的扫描过程, 天线的空域幅度相位信息

通过用高精度幅相衰减器调制射频信号来实现,当改变高精度幅相衰减器的控制码,就可以模拟不同类型的天线幅度相位方向图,这样只需要一套系统就可以模拟不同类型的天线方向图,系统具有很好的通用性,制造成本也大大降低。

[0039] 以下对本实用新型天线模拟系统的工作原理作详细介绍。

[0040] 1. 天线波瓣模拟原理

[0041] 天线模拟系统作为一个模拟系统,应具备一定的通用性,能满足多种天线类型的需求。并且设备力求简单。但是,无论是注入的射频信号还是通过天线接收的射频信号在空域上都是一个点源,要通过一个点源直接在空域上模拟真实空间波束是不可能实现的。但是可以通过空域到时域的变换来实现。

[0042] 在不考虑距离因素,天线幅度波瓣函数表示为:

[0043]

$$A = f(\theta, \varphi); \quad (1)$$

[0044] 相位波瓣函数表示为:

[0045]

$$\phi = g(\theta, \varphi) \quad (2)$$

[0046] φ 和 θ 分别代表天线波束指向与固定坐标系正北的方位夹角及俯仰夹角(单位:°)。

[0047] 在模拟系统工作时分时模拟天线不同角度的幅相值就实现了空域到时域的变换。

[0048] 图 3 为利用空域到时域的变换模拟天线方位波瓣的示意图,即将方位 $[\varphi]$ 转换成时域 $[t]$,变换关系为:

[0049]

$$t = \frac{\varphi^\circ}{n} \quad (3)$$

[0050] 其中:

[0051] n 为控制器切换速度(单位:°/s)

[0052] 按照这样的变换,幅度波瓣函数可以表示为:

[0053] $A=f(t)$ (4)

[0054] 相位波瓣函数:

[0055] $\phi = g(t)$ (5)

[0056] 根据上述空域到时域的变换原理就可以模拟任意方向图的天线波束,整个系统的模拟原理是通过衰减器的衰减量 A 随着时间 t 的变化关系 $A=f(t)$,通过移相器的相位 ϕ 随时间 t 的变化关系 $\phi = g(t)$ 来模拟整个天线的幅度、相位波瓣的空间变化。

[0057] 如图 4 和图 5 所示,分别是本实用新型在射频上实时模拟天线的辛格模拟方向图和高斯模拟方向图。

[0058] 图 2 为本实用新型实施例的电路原理图,为了突出本实用新型的特点,在原理图中仅给出了控制器及高精度幅相衰减器的主要电路。

[0059] 本实用新型实施例的控制器电路包括集成电路 IC1~IC11,其中集成电路 IC1~IC4 为电源及时钟电路,集成电路 IC5~IC6 为编码转换电路,集成电路 IC7 为缓存电路,集成电路 IC8~IC11 为驱动电路。

[0060] 高精度幅相衰减器包括两个 MMIC (microwave and millimeter ic, 单片微波集成电路) 模块, 这两个模块分别为衰减模块 IC12 和移相模块 IC13。

[0061] 其中集成电路 IC1、IC2 连接到集成电路 IC5, 集成电路 IC3、IC4 连接到集成电路 IC6, 集成电路 IC1、IC3 相连, 作为控制器的控制信号的一个输入端, 集成电路 IC2、IC4 相连, 作为控制器的控制信号的另一个输入端, 集成电路 IC1、IC2、IC3、IC4 相连的节点作为时钟信号输入端, 集成电路 IC5、IC6 同时连接到集成电路 IC7, 集成电路 IC7 输出分别连接到集成电路 IC8~IC11, 集成电路 IC8、IC9 同时连接到集成电路 IC12, 集成电路 IC10、IC11 同时连接到集成电路 IC13, 集成电路 IC12 的输出端与集成电路 IC13 的输入端相连, 射频信号源 3 产生的射频信号从集成电路 IC12 的输入端输入, 从集成电路 IC13 的输出端输出。

[0062] 天线模拟系统工作时先设置控制器 2 完成所需模拟的天线方向图的参数设置, 参数包含增益、3dB 波瓣宽度、副瓣电平、扫描范围、极化等, 设置射频信号源 3 的工作频率、带宽、功率等指标。然后由控制器 2 对高精度幅相衰减器 4 打码控制实现对射频信号源 3 输出的射频信号幅度相位调制, 最后通过辐射天线 5 辐射到空间, 通过上述过程就可以完成模拟天线方向图的功能。

[0063] 2. 高精度幅相衰减器精度校正补偿

[0064] 高精度幅相衰减器精度校正补偿是保证天线模拟系统模拟精度的重要过程。

[0065] 高精度幅相衰减器校正补偿的具体方法为: 首先通过仪表(如矢量网络分析仪)测试出高精度幅相衰减器各个衰减态的衰减值及移相态的移相值, 由于衰减移相具有联动效应, 即改变衰减码时相位值会发生变化, 改变移相值衰减值也会发生变化。因此需要测出高精度幅相衰减器的所有状态。将测试值与理论值比较, 如果测试值比理论值高 0.5 个步进值, 则该位控制码调整为原控制码 -1, 如果测试值比理论值高 1 个步进值, 则该位控制码调整为原控制码 -2。同理如果测试值比理论值低 0.5 个步进值, 则该位控制码调整为原控制码 +1, 如果测试值比理论值低 1 个步进值, 则该位控制码调整为原控制码 +2, 通过优化组合的方式可得到高精度幅相衰减器所有状态的校正码, 当系统工作时, 采用校正后的控制码, 控制高精度幅相衰减器工作。校正后的精度将比原精度提高一倍。

[0066] 高精度幅相衰减器的校正码存储在控制器中, 当天线系统模拟工作时, 控制器根据高精度幅相衰减器各状态的校正码控制高精度幅相衰减器, 以达到提高衰减移相精度的目的。

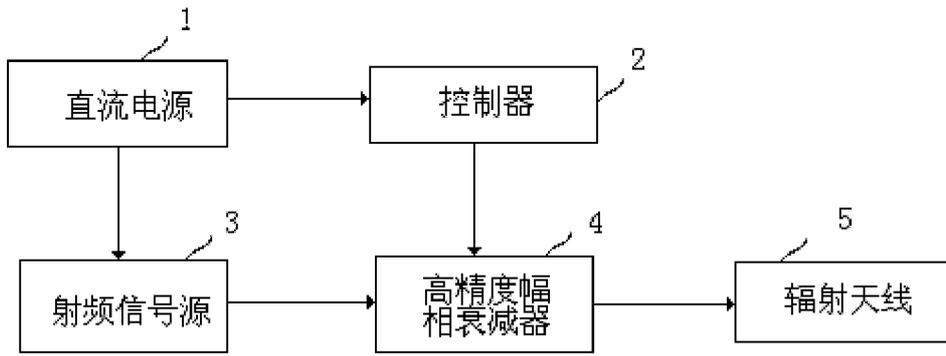


图 1

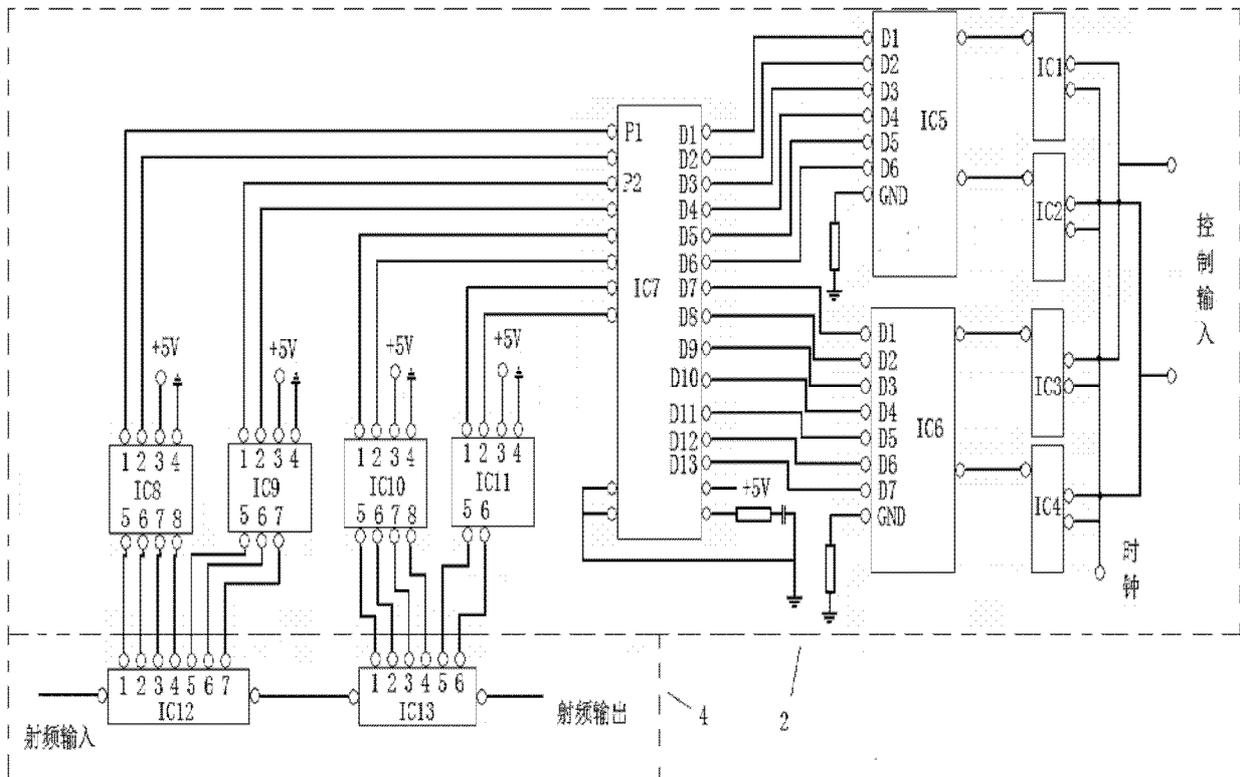


图 2

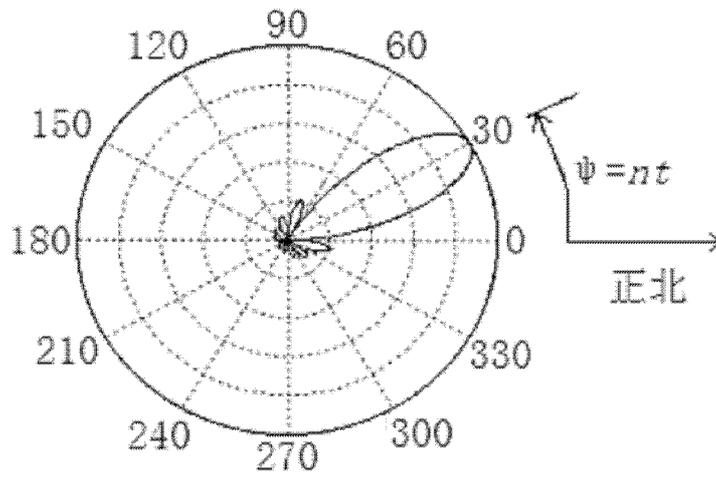


图 3

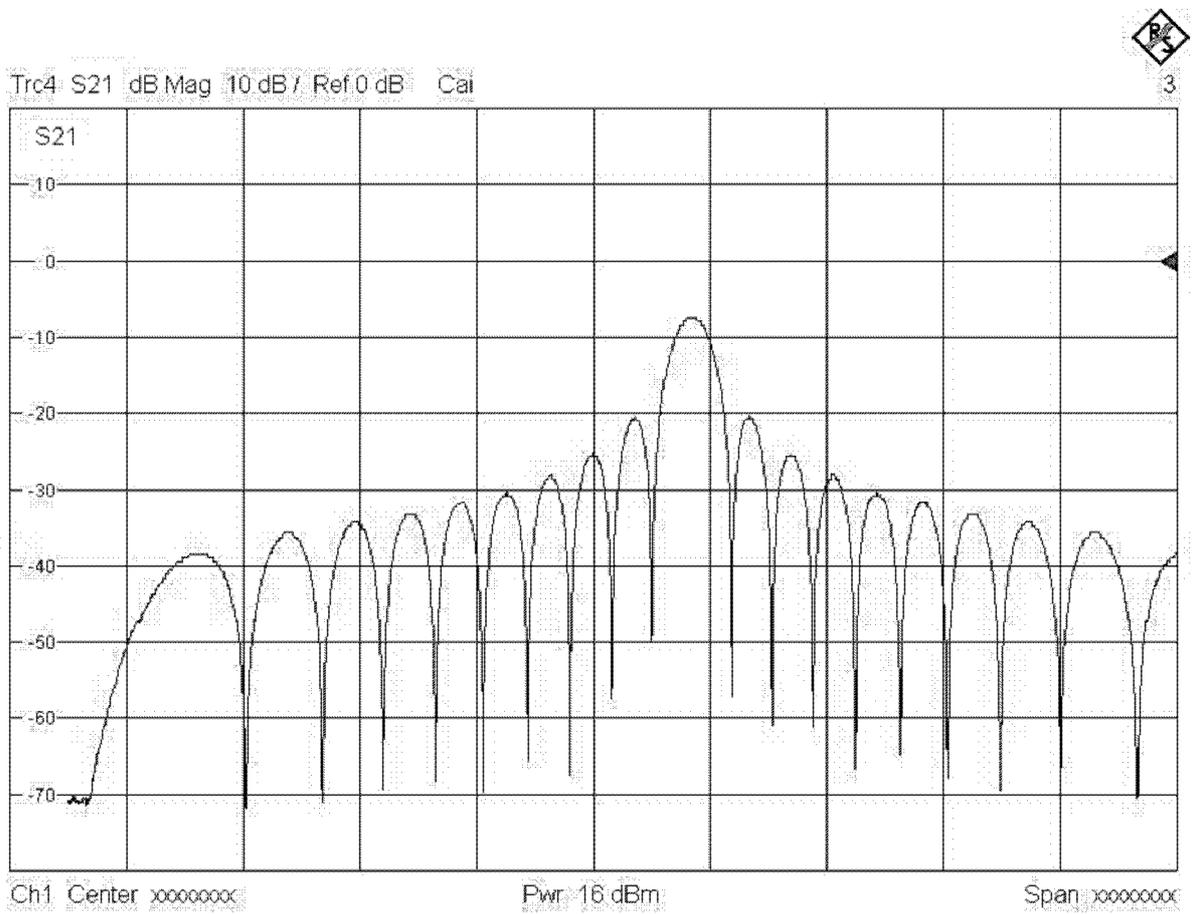


图 4

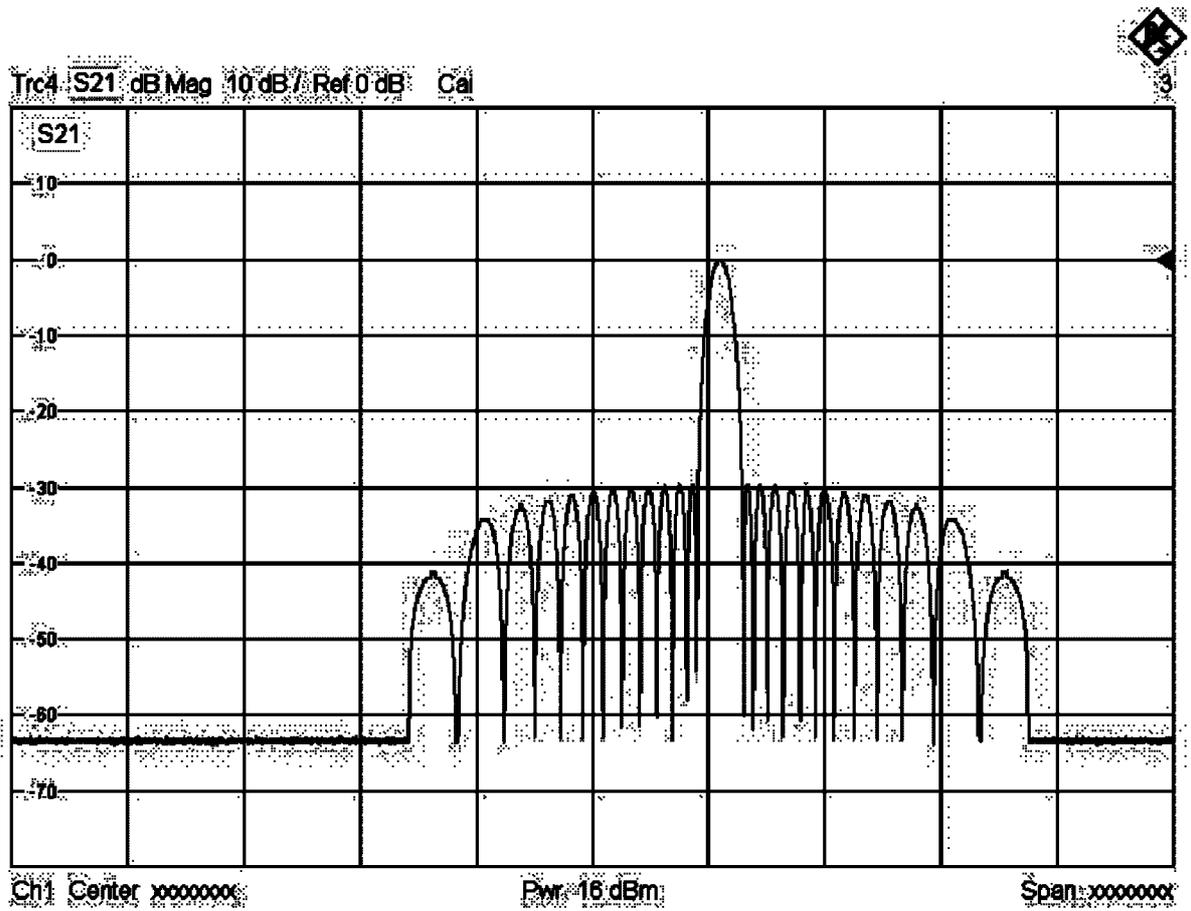


图 5