



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111525285 A

(43)申请公布日 2020.08.11

(21)申请号 202010430362.X

(22)申请日 2020.05.20

(71)申请人 西安黄河机电有限公司

地址 710043 陕西省西安市东郊幸福北路
21号

(72)发明人 崔卫东 马凯 李攀 陈芳兰

王兴伟 何云锋 王国泉 惠兆东

(74)专利代理机构 西安亚信智佳知识产权代理
事务所(普通合伙) 61241

代理人 段国刚

(51)Int.Cl.

H01Q 25/02(2006.01)

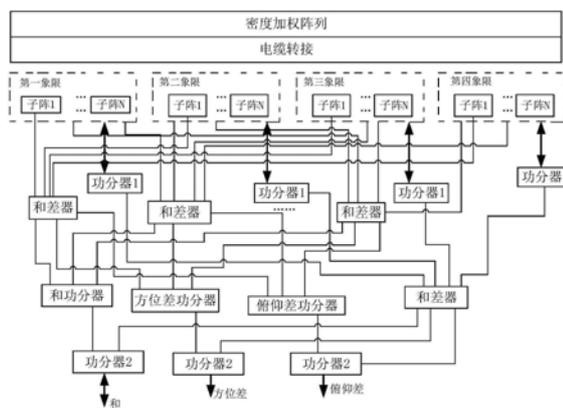
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

一种稀布阵天线及其设计方法

(57)摘要

本发明实施例是提供一种稀布阵天线及其设计方法,该设计方法包括:天线阵面分为四个象限,每个象限划分为不同的子阵,每个象限的每个子阵与其它三个象限的对应子阵利用和差器得到子阵级和差信号。这些子阵级和差信号经过分别加权后再合成,就得到整个阵面的和差信号。本发明实施例可以得到同时具有较低副瓣的和波束和差波束,较好地解决了和差矛盾。同时,密度加权的单元较少,也极大地降低了天线成本。



1. 一种稀布阵天线的设计方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤S10:将天线阵面等分为四个象限,每个象限划分为N个子阵,其中,任一象限的子阵布局均与其相邻的两个象限的子阵布局成轴对称关系;

步骤S20:以任一个象限为基准,确定出该象限内所有所述子阵的加权系数,并根据所述加权系数确定出该象限内需要加权和不需要加权的子阵信号,其中,需要加权的子阵信号数量为M,不需要加权的子阵信号数量为N-M;

步骤S30:确定出每一个所述需要加权的子阵信号在其余象限中对应的子阵信号并以此为一组所述子阵信号,得到M组所述子阵信号,对每组所述子阵信号通过和差器分别合成后得到M组子阵级和差信号;

步骤S40:将M组所述子阵级和差信号分别单独加权后再合成得到一组含加权的和差信号;

步骤S50:将同一象限内不需加权的所述子阵信号合成一路象限信号,四个象限可得四路象限信号,通过和差器合成四路象限信号后得到一组无加权的和差信号;

步骤S60:将所述含加权的和差信号与所述无加权的和差信号分别合成得到全阵的和差信号;

其中,所述和差信号为和信号、俯仰差信号以及方位差信号;N、M均为正整数且 $N > M$ 。

2. 根据权利要求1所述设计方法,其特征在于,根据差波束幅度分布函数和阵面密度确定每个所述子阵的加权系数。

3. 根据权利要求1所述设计方法,其特征在于,所述步骤S30中,需要M个所述和差器将四个象限内的4M个所述子阵信号一一对应分别合成后得到M组子阵级和差信号。

4. 根据权利要求1所述设计方法,其特征在于,在所述步骤S40中,将M组所述子阵级和差信号分别经过和功分器、俯仰差功分器以及方位差功分器合成。

5. 根据权利要求4所述设计方法,其特征在于,所述和功分器、俯仰差功分器以及方位差功分器具有相位一致性。

6. 根据权利要求4所述设计方法,其特征在于,在所述俯仰差功分器以及方位差功分器中利用固定衰减器分别对每一组的俯仰差信号以及方位差信号进行单独加权。

7. 根据权利要求1所述设计方法,其特征在于,每个所述子阵包含有数量相同的单元,所述单元通过电缆与TR组件相连接,将所述子阵内所有所述TR组件得到的信号合成后得到所述子阵信号。

8. 根据权利要求7所述设计方法,其特征在于,所述TR组件进行规则的列阵排布。

9. 根据权利要求8所述设计方法,其特征在于,所述TR组件列阵之间有预留间隙,以安置水冷系统和/或控制系统。

10. 一种稀布阵天线,其特征在于,由权利要求1-9任一项所述稀布阵天线的设计方法设计而成。

一种稀布阵天线及其设计方法

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及无线电通讯技术领域,尤其涉及一种稀布阵天线及其设计方法。

背景技术

[0002] 单脉冲雷达具有和差波束测角的功能,需要天线在方位面和俯仰面形成和差波束,以便测量目标的方位角和俯仰角。有源相控阵中,要实现较好的和差波束,必须采用两套馈电网络,才能同时实现和差波束的低副瓣,其结构相当复杂。

[0003] 相关技术中,采用和差一体化理念,通过一种多层带状线和差一体化网络,实现其适用于一维线阵天线。或是通过一种体积小、重量轻的和差一体化相控阵雷达天馈线系统,实现了方位面同时和差测角。

[0004] 关于上述技术方案,发明人发现至少存在如下一些技术问题:例如,虽然和差一体化相控阵雷达天馈线系统,实现了方位面同时和差测角,但是不能在方位面和俯仰面有效降低差副瓣,更加不能同时具有较低副瓣的和波束和差波束,解决和差矛盾。

[0005] 因此,有必要改善上述相关技术方案中存在的一个或者多个问题。

[0006] 需要注意的是,本部分旨在为权利要求书中陈述的本发明的技术方案提供背景或上下文。此处的描述不因为包括在本部分中就承认是现有技术。

发明内容

[0007] 本发明实施例的目的在于提供一种稀布阵天线及其设计方法,进而至少在一定程度上克服由于相关技术的限制和缺陷而导致的一个或者多个问题。

[0008] 根据本发明实施例的第一方面,提供一种稀布阵天线的设计方法,包括以下步骤:

[0009] 步骤S10:将天线阵面等分为四个象限,每个象限划分为N个子阵,其中,任一象限的子阵布局均与其相邻的两个象限的子阵布局成轴对称关系;

[0010] 步骤S20:以任一个象限为基准,确定出该象限内所有所述子阵的加权系数,并根据所述加权系数确定出该象限内需要加权和不需要加权的子阵信号,其中,需要加权的子阵信号数量为M,不需要加权的子阵信号数量为N-M;

[0011] 步骤S30:确定出每一个所述需要加权的子阵信号在其余象限中对应的子阵信号并以此为一组所述子阵信号,得到M组所述子阵信号,对每组所述子阵信号通过和差器分别合成后得到M组子阵级和差信号;

[0012] 步骤S40:将M组所述子阵级和差信号分别单独加权后再合成得到一组含加权的和差信号;

[0013] 步骤S50:将同一象限内不需加权的所述子阵信号合成一路象限信号,四个象限可得四路象限信号,通过和差器合成四路象限信号后得到一组无加权的和差信号;

[0014] 步骤S60:将所述含加权的和差信号与所述无加权的和差信号分别合成得到全阵的和差信号;

[0015] 其中,所述和差信号为和信号、俯仰差信号以及方位差信号;N、M均为正整数且 $N > M$ 。

[0016] 本发明的一实施例中,根据差波束幅度分布函数和阵面密度确定每个所述子阵的加权系数。

[0017] 本发明的一实施例中,在所述步骤S30中,需要M个所述和差器将四个象限内的4M个所述子阵信号一一对应分别合成后得到M组子阵级和差信号。

[0018] 本发明的一实施例中,在所述步骤S40中,将M组所述子阵级和差信号分别经过和功分器、俯仰差功分器以及方位差功分器合成。

[0019] 本发明的一实施例中,所述和功分器、俯仰差功分器以及方位差功分器具有相位一致性。

[0020] 本发明的一实施例中,在所述俯仰差功分器以及方位差功分器中利用固定衰减器分别对每一组的俯仰差信号以及方位差信号进行单独加权。

[0021] 本发明的一实施例中,每个所述子阵包含有数量相同的单元,所述单元通过电缆与TR组件相连接,将所述子阵内所有所述TR组件得到的信号合成后得到所述子阵信号。

[0022] 本发明的一实施例中,所述TR组件进行规则的列阵排布。

[0023] 本发明的一实施例中,所述TR组件列阵之间有预留间隙,以安置水冷系统和/或控制系统。

[0024] 根据本发明实施例的第二方面,提供一种稀布阵天线,由上述任一实施例的稀布阵天线的设计方法设计而成。

[0025] 本发明的实施例提供的技术方案可以包括以下有益效果:

[0026] 本发明的实施例中,通过上述方法及装置,一方面,利用密度加权函数和差分布函数,得到最优的和差分布,能够有效降低差副瓣。另一方面,合理的划分阵面子阵分布,利用和差一体化设计思路,设计的和差馈电网络,可以有效的在平面阵列中分别实现和差幅度分布,最终得到同时具有较低副瓣的和波束和差波束,较好地解决了和差矛盾。

附图说明

[0027] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本公开的实施例,并与说明书一起用于解释本公开的原理。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本公开的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0028] 图1示出本发明示例性实施例中密度加权阵面子阵划分示意图;

[0029] 图2示出本发明示例性实施例中差一体化设计密度加权稀布阵原理示意图;

[0030] 图3示出本发明示例性实施例中方位和方向效果图;

[0031] 图4示出本发明示例性实施例中俯仰和方向效果图;

[0032] 图5示出本发明示例性实施例中方位差方向效果图;

[0033] 图6示出本发明示例性实施例中俯仰差方向效果图。

具体实施方式

[0034] 现在将参考附图更全面地描述示例实施方式。然而,示例实施方式能够以多种形

式实施,且不应被理解为限于在此阐述的范例;相反,提供这些实施方式使得本发明将更加全面和完整,并将示例实施方式的构思全面地传达给本领域的技术人员。所描述的特征、结构或特性可以以任何合适的方式结合在一个或更多实施方式中。

[0035] 此外,附图仅为本发明实施例的示意性图解,并非一定是按比例绘制。图中相同的附图标记表示相同或类似的部分,因而将省略对它们的重复描述。附图中所示的一些方框图是功能实体,不一定必须与物理或逻辑上独立的实体相对应。

[0036] 如背景技术部分所描述的内容,相关技术有和差一体化相控阵天线的设计方法,但发明人发现至少存在如下一些技术问题,例如:不能在方位面和俯仰面有效降低差副瓣,更加不能同时具有较低副瓣的和波束和差波束,解决和差矛盾。

[0037] 本示例实施方式中首先提供了一种和差一体化密度加权稀布阵天线的设计方法。参考图1-2中所示,该设计方法可以包括以下步骤:

[0038] 步骤S10:将天线阵面等分为四个象限,每个象限划分为N个子阵,其中,任一象限的子阵布局均与其相邻的两个象限的子阵布局成轴对称关系;

[0039] 步骤S20:以任一个象限为基准,确定出该象限内所有子阵的加权系数,并根据加权系数确定出该象限内需要加权和不需要加权的子阵信号,其中,需要加权的子阵信号数量为M,不需要加权的子阵信号数量为N-M;

[0040] 步骤S30:确定出每一个需要加权的子阵信号在其余象限中对应的子阵信号并以此为一组子阵信号,得到M组子阵信号,对每组子阵信号通过和差器分别合成后得到M组子阵级和差信号;

[0041] 步骤S40:将M组子阵级和差信号分别单独加权后再合成得到一组含加权的和差信号;

[0042] 步骤S50:将同一象限内不需加权的子阵信号合成一路象限信号,四个象限可得四路象限信号,通过和差器合成四路象限信号后得到一组无加权的和差信号;

[0043] 步骤S60:将含加权的和差信号与无加权的和差信号分别合成得到全阵的和差信号;

[0044] 其中,所述和差信号为和信号、俯仰差信号以及方位差信号;N、M均为正整数且 $N > M$ 。

[0045] 需要理解的是,子阵的划分受单元的布置和数量的影响。参考图1所示,单元可以按同心圆环的方式布置1536个单元,依照此布置方式在每个象限内划分为24个子阵。单元还可以布置在等边三角形格子中等其他的布置方式。其中,单元通过电缆与TR组件相连接,将子阵内所有TR组件得到的信号合成后得到子阵信号。另外,还需要理解的是,参考图1所示,阵面被划分为四个象限ABCD,四个象限的面积均等,其中列举了子阵5和子阵17在四个象限的轴对称分布,即四个具有轴对称关系的子阵可组成具有对应关系的一组子阵。

[0046] 通过上述和差一体化密度加权稀布阵天线的设计方法,一方面,利用密度加权函数和差分布函数,得到最优的和差分布,能够有效降低差副瓣;另一方面,合理的划分阵面子阵分布,利用和差一体化设计思路,设计的和差馈电网络,可以有效的在平面阵列中分别实现和差幅度分布,最终得到同时具有较低副瓣的和波束和差波束,较好地解决了和差矛盾。

[0047] 下面,将对本示例实施方式中的上述设计方法进行更详细的说明。

[0048] 在一实施例中,根据差波束幅度分布函数和阵面密度确定每个子阵的加权系数。

[0049] 示例的,阵面密度加权函数用 $A(x,y)$ 表示, (x,y) 是每个子阵的中心坐标,方位差波束幅度分布函数为 $D_a(x,y)$,则方位差的子阵初始加权系数可表示为:

$$[0050] \quad M_a(x,y) = \frac{D_a(x,y)}{A(x,y)}$$

[0051] 同样,俯仰差波束幅度分布函数为 $D_e(x,y)$,则俯仰差的子阵初始加权系数可表示为:

$$[0052] \quad M_e(x,y) = \frac{D_e(x,y)}{A(x,y)}$$

[0053] 将 $M_a(x,y)$ 、 $M_e(x,y)$ 比较,对两者加权系数都接近0的子阵的加权值都取1,就得到不加权的子阵。其它的子阵需要在方位、俯仰合成中分别加权。其中,阵面密度加权函数一般选用余弦分布函数,差波束分布函数一般选用byliss分布函数,但并不局限于此,也可选用其他函数。

[0054] 在一实施例中,在步骤S30中,需要M个和差器将四个象限内的4M个子阵信号一一对应分别合成后得到M组子阵级和差信号。保持各组子阵级和差信号的相互独立性,以便于在之后对各组子阵级和差信号的独立加权。

[0055] 在一实施例中,在步骤S40中,将M组子阵级和差信号分别经过和功分器、俯仰差功分器以及方位差功分器合成。同时该和功分器、俯仰差功分器以及方位差功分器具有相位一致性。以保证阵面各单元到全阵和口输出、差口输出的相位完全一致。需要理解的是,在各功分器之间的,和差器之间的连接传输线相位也是保持相位的一致。

[0056] 另外,在俯仰差功分器以及方位差功分器中利用固定衰减器分别对每一组的俯仰差信号以及方位差信号进行单独加权。需要理解的是,衰减量由加权系数确定。

[0057] 在一实施例中,每个子阵包含有数量相同的单元,单元通过电缆与TR组件相连接,将子阵内所有TR组件得到的信号合成后得到子阵信号。TR组件进行规则的列阵排布。将阵面的非周期分布转换为规则的周期分布,以便对TR组件所输出的信号做进一步的处理。需要理解的是,通过密度加权稀布阵的设计方法,使所需单元减少,降低了天线成本。

[0058] 在一实施例中,TR组件列阵之间有预留间隙,以安置水冷系统和/或控制系统。以利于保证TR组件的正常工作,同时提高空间利用,以天线系统具有小型化。

[0059] 具体示例的,一个阵面口径1米的密度加权稀布阵列,采用余弦分布函数进行密度加权,byliss分布为差波束分布。全阵共1536个单元,每个象限被分为24个子阵,每个子阵16个单元,组成4个4通道TR组件,全阵子阵对称分布。将阵面按照图1所示的方式进行划分,图中标示了第一象限的子阵的编号,其余象限对称分布。

[0060] 每个子阵的密度函数为 $A(x,y)$, (x,y) 是子阵的坐标,根据上述原理,计算出24个子阵的方位差子阵加权系数分别为 $(-23.8,-4.9,-8.5,-29.3,-1.7,-2.7,0,0,0,-20.9,0,-0.4,0,0,0,0,-11.7,-21.7,-1,-2.2,0,0,-12,-21.4)$ 。

[0061] 俯仰差子阵加权系数为 $(-13,-15.4,-7.5,0,-16.4,-7.5,0,0,0,-1.8,-18.5,-9.3,0,0,0,0,0,-16,-6.9,0,0,-0.9,-0.6)$,单位是dB。

[0062] 其中,都不加权的子阵为7、8、9、13、14、15、16、21、22共计9个子阵,其余15个子阵单独加权。

[0063] 利用电缆转接装置,将密度加权随机分布1536个单元排布成规则的20列TR组件,全阵再分别合成为96个子阵。

[0064] 参考图2所示,每个象限的1、2、3、4、5、6、10、11、12、17、18、19、20、23、24号子阵与其它三个象限的对应子阵分别利用15个和差器合成15组子阵级和差信号,这些子阵级和差信号通过和功分器、方位差功分器、俯仰差功分器再合成含加权的和差信号。其中,这些功分器都是1分15路功分器,和功分器是等分功分器;方位差功分器中每一路都有衰减器,衰减量由加权系数确定,分别为(-23.8,-4.9,-8.5,-29.3,-1.7,-2.7,-20.9,0,-0.4,-11.7,-21.7,-1,-2.2,-12,-21.4) dB;同样,俯仰差功分器中每一衰减器的衰减量分别为(-13,-15.4,-7.5,0,-16.4,-7.5,-1.8,-18.5,-9.3,0,0,-16,-6.9,-0.9,-0.6) dB。

[0065] 每个象限内其余不加权的9个子阵先用功分器1合成,功分器1是一个一分九功分器。再通过和差器形成一组无加权的和差信号。将该组无加权的和差信号与上述三个功分器输出对应的有加权的和差信号在功分器2中分别合成,就得到全阵的和差信号。

[0066] 其中,功分器1、和功分器、方位差功分器、俯仰差功分器四个功分器的每一路都相位一致。各功分器之间的,和差器之间的连接传输线相位也全部一致。就能保证阵面各单元到全阵和口输出、差口输出的相位完全一致。

[0067] 参考图3-图6所示,通过该设计方法使和差副瓣电平都小于-22dB。说明这样的设计方法,保证了天线具有较低的和波束副瓣和差波束副瓣,完美解决了密度加权稀布阵的和差矛盾。

[0068] 本示例实施方式还可以提供一种和差一体化密度加权稀布阵天线,该和差一体化密度加权稀布阵天线包括上述任一实施例中的和差一体化密度加权稀布阵天线的设计方法。该天线还可以包括共形天线罩、TR组件、馈电网络、波控器、电源与封装外壳等,当然并不限于此,这些均可参考现有技术,此处不再详述。

[0069] 本发明的和差一体化密度加权稀布阵天线,通过合理的阵面划分,利用差波束幅度分布函数和阵面密度函数确定子阵的加权系数,再利用和差一体化设计理念,完成了平面二维密度加权稀布天线的和差波束形成。该天线具有优良的和差副瓣特性,较好地解决了和差矛盾。同时,密度加权的单元较少,也极大地降低了天线成本。

[0070] 需要理解的是,上述描述中的术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明实施例和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明实施例的限制。

[0071] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明实施例的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0072] 在本发明实施例中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根

据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0073] 在本发明实施例中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征之“上”或之“下”可以包括第一和第二特征直接接触,也可以包括第一和第二特征不是直接接触而是通过它们之间的另外的特征接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”包括第一特征在第二特征正上方和斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”包括第一特征在第二特征正下方和斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0074] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例进行接合和组合。

[0075] 本领域技术人员在考虑说明书及实践这里公开的发明后,将容易想到本发明的其它实施方案。本申请旨在涵盖本发明的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或者适应性变化遵循本发明的一般性原理并包括本发明未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的,本发明的真正范围和精神由所附的权利要求指出。

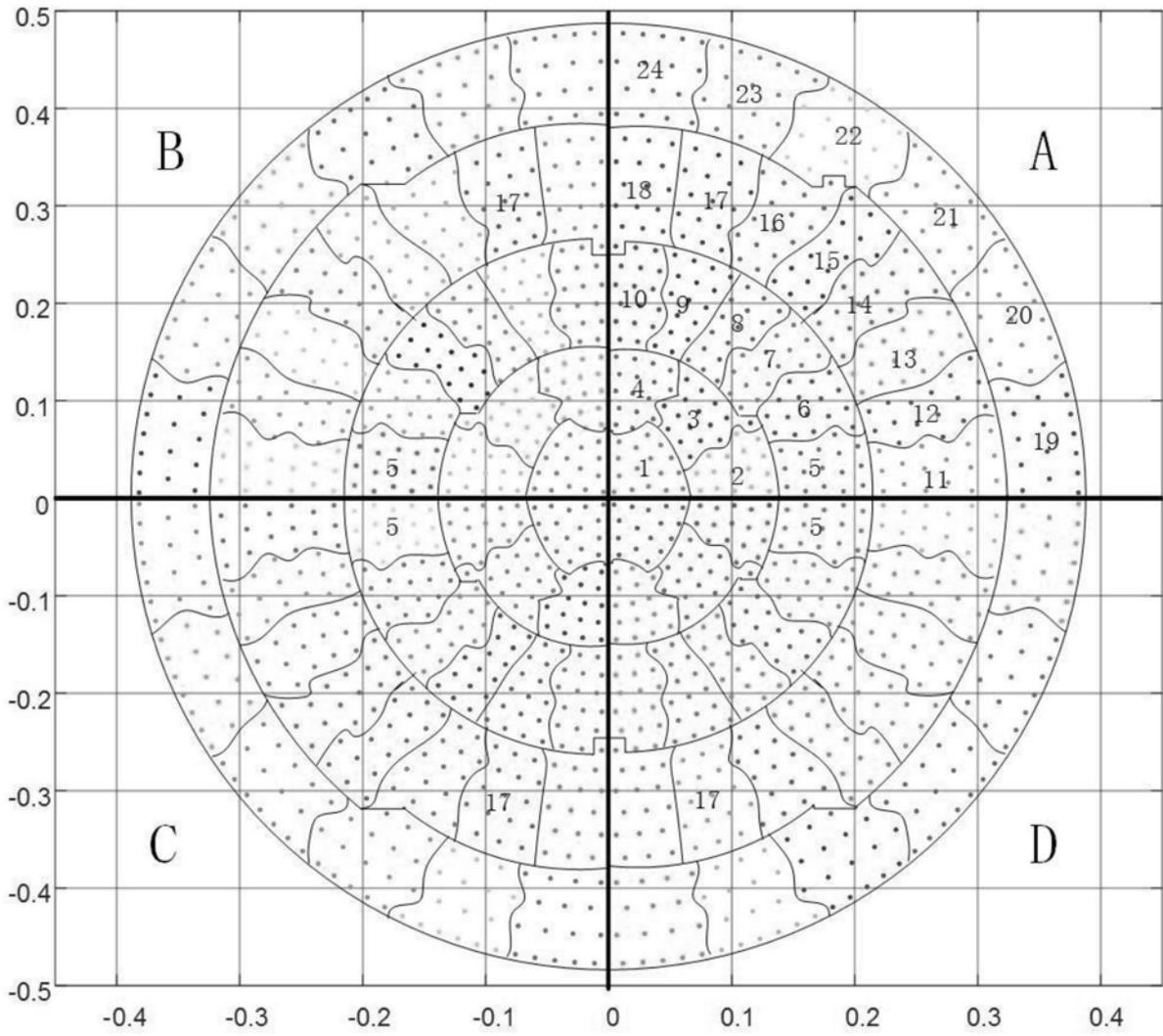


图1

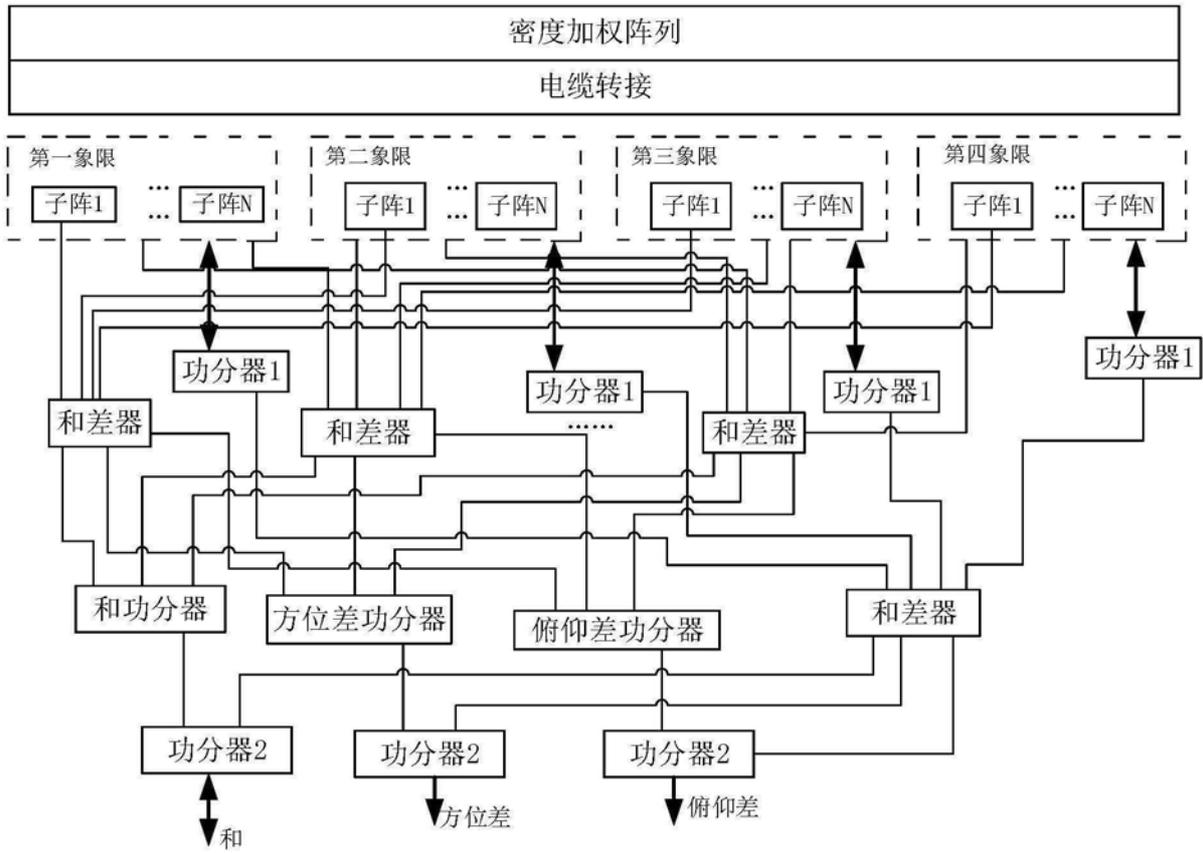


图2

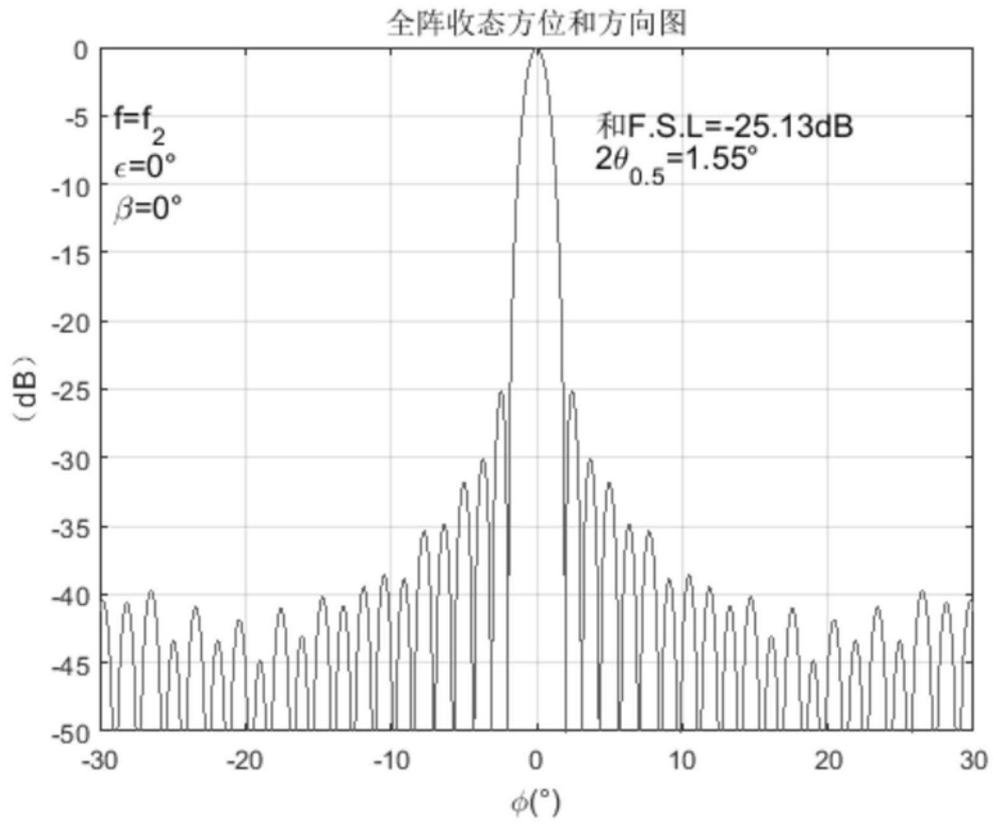


图3

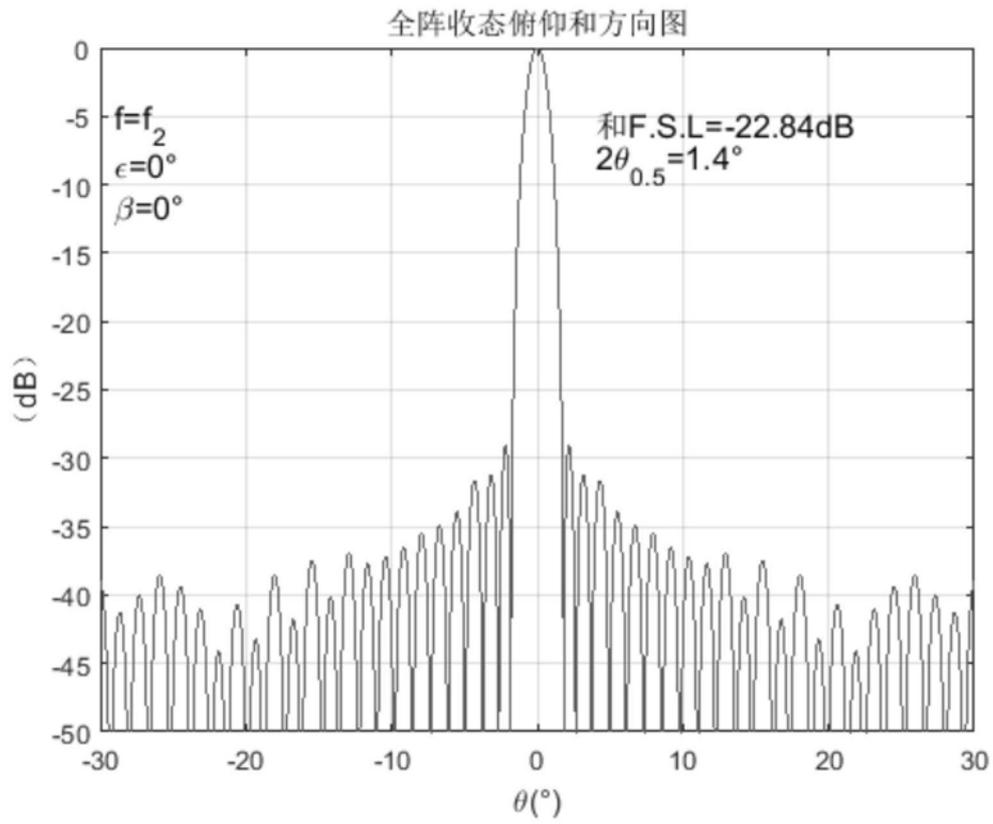


图4

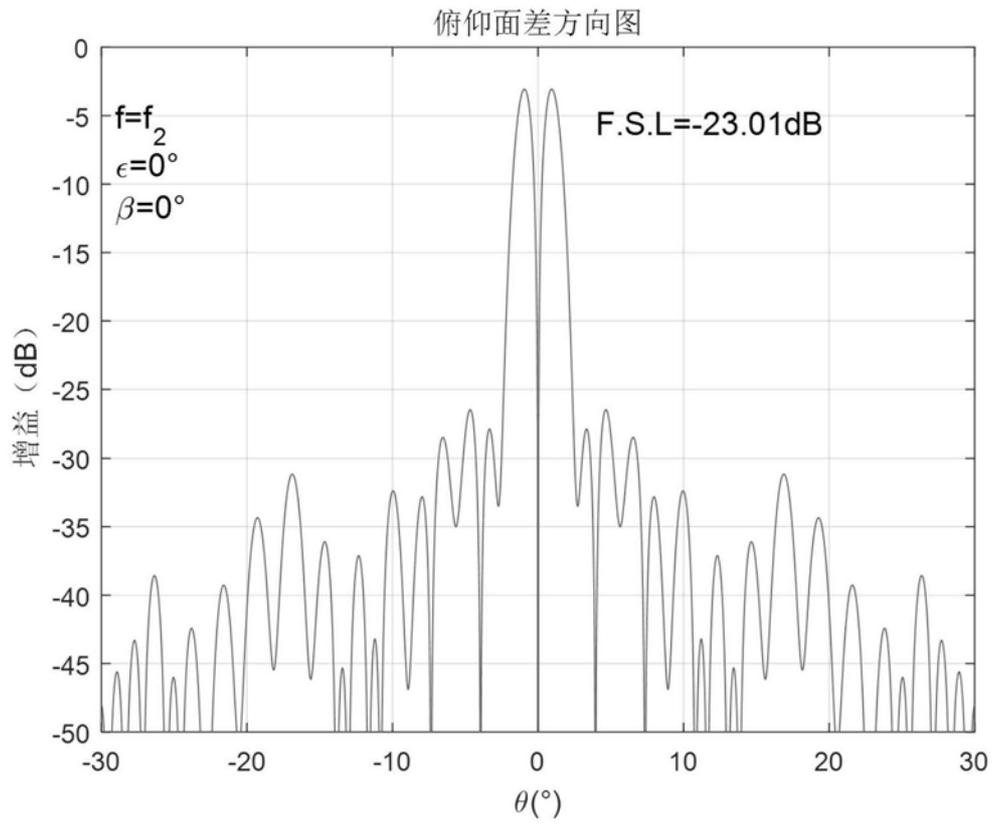


图5

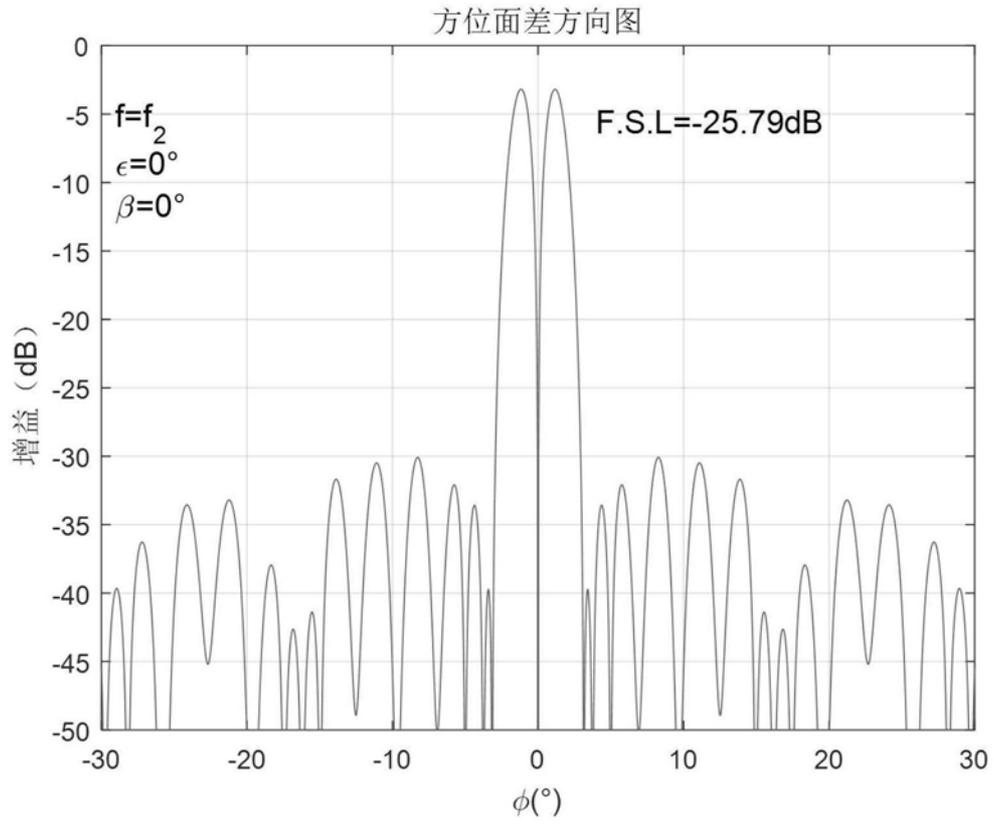


图6