



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115498424 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 18

(21) 申请号 202211299743.4

H01Q 1/52 (2006.01)

(22) 申请日 2022.10.24

H01Q 3/34 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H01Q 21/00 (2006.01)

申请公布号 CN 115498424 A

H01Q 21/28 (2006.01)

H01Q 23/00 (2006.01)

(43) 申请公布日 2022.12.20

(56) 对比文件

(73) 专利权人 中国电子科技集团公司第二十六研究所

CN 109755763 A, 2019.05.14

CN 113285220 A, 2021.08.20

地址 400060 重庆市南岸区花园路14号

CN 113659335 A, 2021.11.16

US 2022278466 A1, 2022.09.01

(72) 发明人 刘嘉国 张成 李庆洪 唐洪
谭满红 杜双江 田野 李骥

CN 115173052 A, 2022.10.11

CN 113745818 A, 2021.12.03

(74) 专利代理机构 重庆辉腾律师事务所 50215
专利代理师 王海军

CN 111525284 A, 2020.08.11

CN 113437534 A, 2021.09.24

CN 114204260 A, 2022.03.18

(51) Int. Cl.

H01Q 21/06 (2006.01)

H01Q 1/00 (2006.01)

H01Q 1/22 (2006.01)

H01Q 1/24 (2006.01)

H01Q 1/50 (2006.01)

高初; 李刚. 利用稀布设计低成本单脉冲天线. 现代电子技术. 2009, (第03期), 全文.

审查员 李娣

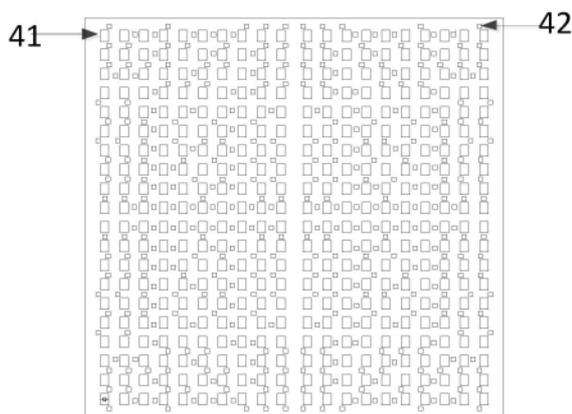
权利要求书1页 说明书5页 附图14页

(54) 发明名称

一种周期阵和稀布阵相结合的双频共口径天线

(57) 摘要

本发明涉及相控阵天线技术, 尤其涉及一种周期阵和稀布阵相结合的双频共口径天线, 包括周期阵单元和稀布阵单元, 周期阵单元和稀布阵单元采用相同的接插件, 接插件通过回流焊接方式安装于金属底座上, 接插件的探针与, 周期阵单元和稀布阵单元的馈电层中的带状线相连; 稀布阵单元排布在周期阵单元周围, 且两个相邻稀布阵单元之间的平均间距为1.1倍中心频段波长; 本发明一方面提高了稀布阵天线的增益, 且稀布阵采用非周期性间距排布, 使得大角度扫描无栅瓣; 另一方面周期阵天线和稀布阵天线性均能独立正常工作、隔离度高, 馈电端口分布规则, 便于有源收发组件的输入输出端口设计。



1. 一种周期阵和稀布阵相结合的双频共口径相控阵天线,其特征在于,包括周期阵单元和稀布阵单元,周期阵单元和稀布阵单元采用相同的接插件,接插件通过回流焊接方式安装于金属底座上,接插件的探针与周期阵单元和稀布阵单元的馈电层中的带状线相连;稀布阵单元排布在周期阵单元周围,且两个相邻稀布阵单元之间的平均间距为1.1倍中心频段波长,稀布阵单元的馈线中采用功分结构,使一个馈电端口激励两个天线单元,形成一个二元天线子阵,工作时天线子阵的两个天线单元辐射的功率在空间合成;相邻两个稀布阵单元的间距在方位、俯仰和斜剖面上均为非周期性;周期阵单元从上至下包括第一介质层、第二介质层、第三介质层、第一金属结构件、第四介质层、第五介质层以及金属安装底座;第一介质层的上表面设置有第一周期阵辐射层,第二介质层的上、下表面分别设置有第二周期阵辐射层和第三周期阵辐射层,第三介质层的下表面设置有第四周期阵辐射层;第一金属结构件中心位置有一个周期阵空气腔,周期阵空气腔位于第四辐射层正下方;第四介质层上设置有周期阵工字形缝和一个沟槽;第五介质层上设置有周期阵馈线,周期阵馈线拥有两个枝节;稀布阵单元包括第一介质层、第二介质层、第三介质层、第二金属结构件、第四介质层以及第五介质层,第一介质层上表面设置有第一稀布阵辐射层;第二介质层的上、下表面分别设置有第二稀布阵辐射层和第三稀布阵辐射层,第三介质层的下表面设置有第四稀布阵辐射层;第一~第四稀布阵四辐射层均由两个矩形贴片构成;第二金属结构件上有两个矩形空气腔,两个空气腔分别位于第四稀布阵辐射层两个矩形贴片正下方;第四介质层上设置有两个工字形缝和一个沟槽;第五介质层上设置有稀布阵馈线;第一周期阵辐射层与第一稀布阵辐射层在同一平面,第二周期阵辐射层与第二稀布阵辐射层在同一平面,第三周期阵辐射层与第三稀布阵辐射层在同一平面;第四周期阵辐射层位于第三周期阵辐射层与第一金属结构件中的空气腔之间,第四稀布阵辐射层位于第三稀布阵辐射层与第二金属结构件中的空气腔之间;周期阵天线和稀布阵天线均能独立正常工作。

2. 根据权利要求1所述的一种周期阵和稀布阵相结合的双频共口径相控阵天线,其特征在于,周期阵单元覆盖Ku频段,稀布阵单元覆盖Ka频段。

3. 根据权利要求1所述的一种周期阵和稀布阵相结合的双频共口径相控阵天线,其特征在于,周期阵单元中两个相邻的辐射片之间的间距不大于0.5倍的中心频段波长。

4. 根据权利要求1所述的一种周期阵和稀布阵相结合的双频共口径相控阵天线,其特征在于,第一介质层厚度为0.508mm、第二介质层厚度为0.508mm、第三介质层厚度为0.254mm、第四介质层厚度为0.254mm和第五介质层厚度为0.254mm,介质层均采用介电常数2.94、损耗角正切为0.0015的材料。

5. 根据权利要求1所述的一种周期阵和稀布阵相结合的双频共口径相控阵天线,其特征在于,第一金属结构件和第二金属结构件的厚度为0.8mm。

6. 根据权利要求1所述的一种周期阵和稀布阵相结合的双频共口径相控阵天线,其特征在于,周期阵单元和稀布阵单元中第二介质层和第三介质层上设置有辐射层金属化过孔;周期阵单元和稀布阵单元中第四介质层和第五介质层上设置有馈电层金属化过孔。

一种周期阵和稀布阵相结合的双频共口径天线

技术领域

[0001] 本发明涉及相控阵天线技术,尤其涉及一种周期阵和稀布阵相结合的双频共口径天线。

背景技术

[0002] 在现代通信系统和雷达中,与单个天线相比较而言,相控阵天线具备高增益、快速波束扫描、波束易赋形、多目标追踪等优点。因此,现代雷达系统中越来越多的采用相控阵天线,例如军用的预警机或者歼击机雷达、中远程弹道制导雷达和路基防控系统雷达等。随着时代的发展,对相控阵天线的要求与日俱增,要求具备双频、共口径、多极化等,结构上则需要更紧凑、快速拆卸维修性。如果多个频率的天线单元均以周期性的满阵排列,那样会使得天线单元和收发组件过度密集,大大增加设计的难度和加工的难度,同时成本也增高。采用“周期阵+稀布阵”混合布阵的模式成为了一种可选方案,一般低频段天线采用周期性满阵排列,高频段天线则在低频段天线周围采用稀疏排列。通过混合布阵,天线的设计难度、加工难度和综合成本均会有所下降。

[0003] 相控阵天线的增益是天线性能指标中十分重要的一项指标,它的高低直接代表天线在某个方向发射和接受信号强度强弱的能力。现有“周期阵+稀布阵”混合布阵中,稀布阵的天线口径辐射效率往往通过增加通道数来实现,以致高频段的通道数远多于低频段的通道数。这样使有源通道的成本增加,加工工艺难度增大,同时使得功耗增加,散热难度增大。因此,如何在稀布阵中采用较少的有源通道数,还拥有高的天线口径辐射效率是目前亟待解决的难题。

发明内容

[0004] 鉴于双频共口径天线的需求和现有技术的缺点,本申请提出一种周期阵和稀布阵相结合的双频共口径天线,包括周期阵单元和稀布阵单元,周期阵单元和稀布阵单元采用相同的接插件,接插件通过回流焊接方式安装于金属底座上,接插件的探针与,周期阵单元和稀布阵单元的馈电层中的带状线相连;稀布阵单元排布在周期阵单元周围,且两个相邻稀布阵单元之间的平均间距为1.1倍中心频段波长,周期阵有源通道数与稀布阵有源通道数为1:1。

[0005] 进一步的,周期阵单元覆盖Ku频段,稀布阵单元覆盖Ka频段。

[0006] 进一步的,相邻两个稀布阵单元的间距在方位、俯仰和斜剖面上均为非周期性。

[0007] 进一步的,周期阵单元从上至下包括第一介质层、第二介质层、第三介质层、第一金属结构件、第四介质层、第五介质层以及金属安装底座;第一介质层的上表面设置有第一周期阵辐射层,第二介质层的上、下表面分别设置有第二周期阵辐射层和第三周期阵辐射层,第三介质层的下表面设置有第四周期阵辐射层;第一金属结构件中心位置有一个周期阵空气腔,周期阵空气腔位于第四辐射层正下方;第四介质层上设置有周期阵工字形缝和一个沟槽;第五介质层上设置有周期阵馈线,周期阵馈线拥有两个枝节。

[0008] 进一步的,周期阵单元中两个相邻的辐射片之间的间距不大于0.5倍的中心频段波长。

[0009] 进一步的,稀布阵单元包括第一介质层、第二介质层、第三介质层、第二金属结构件、第四介质层以及第五介质层,第一介质层上表面设置有第一稀布阵辐射层;第二介质层的上、下表面分别设置有第二周期阵辐射层和第三周期阵辐射层,第三介质层的下表面设置有第四周期阵辐射层;第二金属结构件中心位置有一个空气腔,空气腔位于第四辐射层正下方,第一~第四辐射层均由两个矩形贴片构成;第二金属结构件上有两个矩形空气腔,两个空气腔分别位于第四辐射层两个矩形贴片正下方;第四介质层上设置有两个工字形缝和一个沟槽;第五介质层上设置有稀布阵馈线。

[0010] 进一步的,第一周期阵辐射层与第一稀布阵辐射层在同一平面,第二周期阵辐射层与第二稀布阵辐射层在同一平面,第三周期阵辐射层与第三稀布阵辐射层在同一平面;第四周期阵辐射层位于第三周期阵辐射层与第一金属结构件中的空气腔之间,第四稀布阵辐射层位于第三稀布阵辐射层与第二金属结构件中的空气腔之间。

[0011] 进一步的,第一介质层厚度为0.508mm、第二介质层厚度为0.508mm、第三介质层厚度为0.254mm、第四介质层厚度为0.254mm和第五介质层厚度为0.254mm,介质层均采用介电常数2.94、损耗角正切为0.0015的材料。

[0012] 进一步的,第一金属结构件和第二金属结构件的厚度为0.8mm。

[0013] 进一步的,周期阵单元和稀布阵单元中第二介质层和第三介质层上设置有辐射层金属化过孔;周期阵单元和稀布阵单元中第四介质层和第五介质层上设置有馈电层金属化过孔。

[0014] 本申请一种周期阵和稀布阵相结合的双频共口径天线,具有以下有益效果:

[0015] 其一,本申请稀布阵使用天线子阵做为基础结构,提高了稀布阵天线的增益;

[0016] 其二,本申请稀布阵采用非周期性间距排布,使得大角度扫描无栅瓣;

[0017] 其三,本申请周期阵天线和稀布阵天线性均能独立正常工作,隔离度高;

[0018] 其四,本申请馈电端口分布规则,便于有源收发组件的输入输出端口设计。

附图说明

[0019] 图1为本发明中周期阵单元俯视图;

[0020] 图2为本发明中周期阵单元爆炸图;

[0021] 图3为本发明中周期阵单元侧视图;

[0022] 图4为本发明中稀布阵单元俯视图;

[0023] 图5为本发明中稀布阵单元爆炸图;

[0024] 图6为本发明中稀布阵单元侧视图;

[0025] 图7为本发明中提供的两种稀布阵基础子阵的馈线图;

[0026] 图8为本发明提供的十六种稀布阵基础子阵的馈线图;

[0027] 图9为本发明共口径相控阵天线中周期阵和稀布阵布局示意图;

[0028] 图10为本发明共口径相控阵天线中周期阵和稀布阵部分实际布局图;

[0029] 图11为本发明周期阵单元低频方向图;

[0030] 图12为本发明周期阵单元中频方向图;

- [0031] 图13为本发明周期阵单元高频方向图；
- [0032] 图14为本发明稀布阵中一种基础子阵低频方向图；
- [0033] 图15为本发明稀布阵中一种基础子阵中频方向图；
- [0034] 图16为本发明稀布阵中一种基础子阵高频方向图；
- [0035] 图17为本发明周期阵中频均匀加权方位扫描示意图；
- [0036] 图18为本发明周期阵中频均匀加权俯仰扫描示意图；
- [0037] 图19为本发明稀布阵中频均匀加权方位扫描示意图；
- [0038] 图20为本发明稀布阵中频均匀加权俯仰扫描示意图；
- [0039] 其中,11-第一周期阵辐射层、12-第二周期阵辐射层、13-第三周期阵辐射层、14-第四周期阵辐射层、15-周期阵空气腔、16-周期阵工字形缝、17-沟槽、18-周期阵馈线、19-第一层介质、20-第二层介质、21-第三层介质、22-金属结构件、23-第四层介质、24-第五层介质、25-金属安装底座、26-馈电层金属化通孔、27-辐射层金属化通孔、28-连接器、31-第一稀布阵辐射层、32-第二稀布阵辐射层、33-第三稀布阵辐射层、34-稀布阵空气腔、35-稀布阵工字形缝、36-稀布阵馈线、37-稀布阵馈线阻抗变换段、38-稀布阵馈线匹配枝节、39-稀布阵馈线与探针焊接点、41-周期阵单元、42-稀布阵单元。

具体实施方式

[0040] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0041] 本发明提出一种周期阵和稀布阵相结合的双频共口径相控阵天线,包括周期阵单元和稀布阵单元,周期阵单元和稀布阵单元采用相同的接插件,接插件通过回流焊接方式安装于金属底座上,接插件的探针与,周期阵单元和稀布阵单元的馈电层中的带状线相连;稀布阵单元排布在周期阵单元周围,且两个相邻稀布阵单元之间的平均间距为1.1倍中心频段波长,周期阵有源通道数与稀布阵有源通道数为1:1。

[0042] 周期阵单元的馈电层和稀布阵单元的馈电层采用带状线结构,且两个单元的馈电层在同一层。稀布阵单元的馈线中采用功分结构,使一个馈电端口激励两个天线单元,形成一个二元天线子阵,工作时天线子阵的两个天线单元辐射的功率在空间合成,其产生的增益会大于传统的单个天线单元。

[0043] 周期阵单元和稀布阵单元采用相同的接插件,接插件通过回流焊接方式安装于金属底座上,接插件的探针的与馈电层中的带状线相连。

[0044] 周期阵单元阵覆盖Ku频段,稀布阵单元覆盖Ka频段,在周期阵里面两个相邻的金属辐射片之间的间距不大于0.5倍的中心频段波长,水平方向和垂直方向间距相等;稀布阵单元排布在周期阵单元的周围,稀布阵里面两个相邻的稀布阵单元之间的平均间距为1.1倍中心频段波长,本实施例中周期阵有源通道数与稀布阵有源通道数为1:1,本领域技术人员也可以根据实际情况设置周期阵单元和稀布阵单元的数量,一般周期阵单元的数量小于等于稀布阵单元的数量。

[0045] 在本实施例中,为了使稀疏阵的具备低副瓣特性和大角度扫描无栅瓣,稀疏阵的

单元间距为在方位、俯仰和斜剖面上均为非周期性,在通过合理优化稀疏阵单元位置分布,来获得更好的辐射性能。

[0046] 在本实施例中,首先介绍作为基础单元之一的周期阵单元,如图1~图3所示,沿着第一平面的垂直负方向(即Z轴负方向)上,周期阵基础单元依次层叠是辐射层、带空气腔的金属构件、“工”字缝、馈电层和金属底座。

[0047] 在本实施例中,为了更进一步减小两个频段的耦合,周期阵采用水平极化,稀布阵采用垂直极化。两个频段天线隔离度高,且均可以独立正常工作,本实施例中所述周期阵是指所有周期阵单元形成的阵列,稀布阵是指所有稀布阵单元形成的阵列。

[0048] 周期阵单元的辐射层由四个矩形金属片组成,沿着第一平面的垂直向下,依次是第一周期阵辐射层11、第二周期阵辐射层12、第三周期阵辐射层13以及第四周期阵辐射层14,不同辐射层在工作时谐振的频率不同,因此共同作用时即可以获得宽带效果。辐射层设置在在介质层的表面,其中第一周期阵辐射层11位于第一介质层19的上表面,第二周期阵辐射层12、第三周期阵辐射层13分别位于第二介质层20的上下表面,第四周期阵辐射层14位于第三介质层20的下表面,第一介质层19、第二介质层20、第三介质层21、第四介质层23和第五介质层24的厚度分别为:0.508mm、0.508mm、0.254mm、0.254mm和0.254mm,介质层均采用介电常数2.94、损耗角正切为0.0015的材料。

[0049] 周期阵的金属构件22中的周期阵空气腔15位于周期阵第四辐射层14的正下方,其高度为0.8mm,周期阵工字形缝16位于周期阵馈线18和周期阵空气腔15之间。

[0050] 周期阵的馈电层是由第四介质层23和第五介质层24和周期阵馈线18组成,金属馈线18拥有两个枝节,如图8中所示,在馈线上像两天突出形成枝节两边突出,两个枝节用于调节匹配;沟槽17是方便焊接连接器28的探针和周期阵馈线18点焊的沟槽;金属底座25用来固定连接器28;馈电层金属化通孔26和辐射层金属化通孔27用来防止信号泄露到其他单元,同时也可以改善匹配。

[0051] 在本实施例中,作为基础单元之一的稀布阵单元,如图4~图6所示,稀布阵单元与周期阵单元结构类似,稀布阵单元的辐射层包括第一稀布阵辐射层31、第二稀布阵辐射层32、第三稀布阵辐射层33,第一周期阵辐射层11与第一稀布阵辐射层31在同一平面,第二周期阵辐射层12与第二稀布阵辐射层32在同一平面,第三周期阵辐射层13与第三稀布阵辐射层33在同一平面,稀布阵空气腔34、稀布阵工字形缝35、稀布阵馈线36、以及连接器28和金属底座25叠层关系均与周期阵的相同,但由于稀布阵单元为二元天线子阵,因此,稀布阵单元的每层辐射层有两个贴片,稀布阵单元拥有两个空气腔和两个工字形缝。如图7所示,稀布阵馈线36包含匹配枝节38,和功分阻抗变换段37,用来驱动二元天线子阵,其中功分阻抗变换段37比匹配枝节38窄。

[0052] 本实施例提供如图8所示的16种稀布阵单元布线示意图,每个稀布阵单元结构相同,但是在布线过程中,稀布阵单元的工字型缝、辐射贴片等的相对位置有所调整,使得每个稀布阵单元具有不同的布线结构。本领域技术人员可以根据实际进行稀布阵单元的馈线布局进行设计,或者从本实施例提供的16中选择几种也可以在本实施例提供的设计的基础上进行旋转、镜像等操作得到新的布局,使得所有稀布阵单元构成的稀布阵呈非周期布局。

[0053] 现在来阐述阵列布局,如图9共口径相控阵天线中周期阵和稀布阵布局示意图所示,41为周期阵单元,周期阵右半阵的排布为周期阵单元在方位和俯仰两个方向均按照9mm

的间距排列,周期阵左半阵为右半阵通过镜像而成,这间距小于0.5倍的中心频段波长,因此可以在无栅瓣的情况下进行大角度扫描;42为稀布阵单元,由于稀布阵里面两个相邻的结构之间的平均间距为1.1倍中心频段波长,本共口径天线用于相控阵雷达,需要进行相控扫描,为了在相控扫描过程中不出现栅瓣,稀布阵的每个单元的具体位置需要通过不断优化来确定最终的排布结果。稀布阵的最终布局不仅仅需要把基础子阵放在阵元位置,而且不能与周期阵元相互干涉。因此,根据需求,本发明通过更改馈线的走线,设计了16种基础子阵形式。在布局过程中,稀布阵可以灵活选取不同的子阵单元进行布局,本实施例给出图9中第一行~第十行、第一列~第十列的部分,10×10的阵列。需要注意的是,本实施例提供的16种稀布阵单元的馈线布局仅仅表示本实施例中可选的一部分方案,本领域技术人员在满足将稀布阵单元放在阵元位置的基础上后,稀布阵单元不与周期阵单元相互干涉的其他馈线布局也可以应用在本发明中,另外,提供多种馈线布局的目的是使得相邻两个稀布阵单元的间距在方位、俯仰和斜剖面上均为非周期性,使得器件具备低副瓣特性和扫描无栅瓣特点。

[0054] 图11~图13分别为周期阵单元低中高频方向图,图14~图16分别为稀布阵单元低中高频方向图,可以看出单元辐射能量正常,波束宽度较宽,适合应用于相控阵雷达天线。图17~图18周期阵中频均匀加权方位和俯仰扫描示意图,可以看到周期阵在方位和俯仰剖面上均具备±60°扫描能力。图19~图20稀布阵中频均匀加权方位和俯仰扫描示意图,可以看到方位和俯仰±40°内扫描正常,均没有栅瓣,稀布阵在方位和俯仰剖面上均具备±40°扫描能力。

[0055] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“同轴”、“底部”、“一端”、“顶部”、“中部”、“另一端”、“上”、“一侧”、“顶部”、“内”、“外”、“前部”、“中央”、“两端”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的限制。

[0056] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“设置”、“连接”、“固定”、“旋转”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,除非另有明确的限定,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。

[0057] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

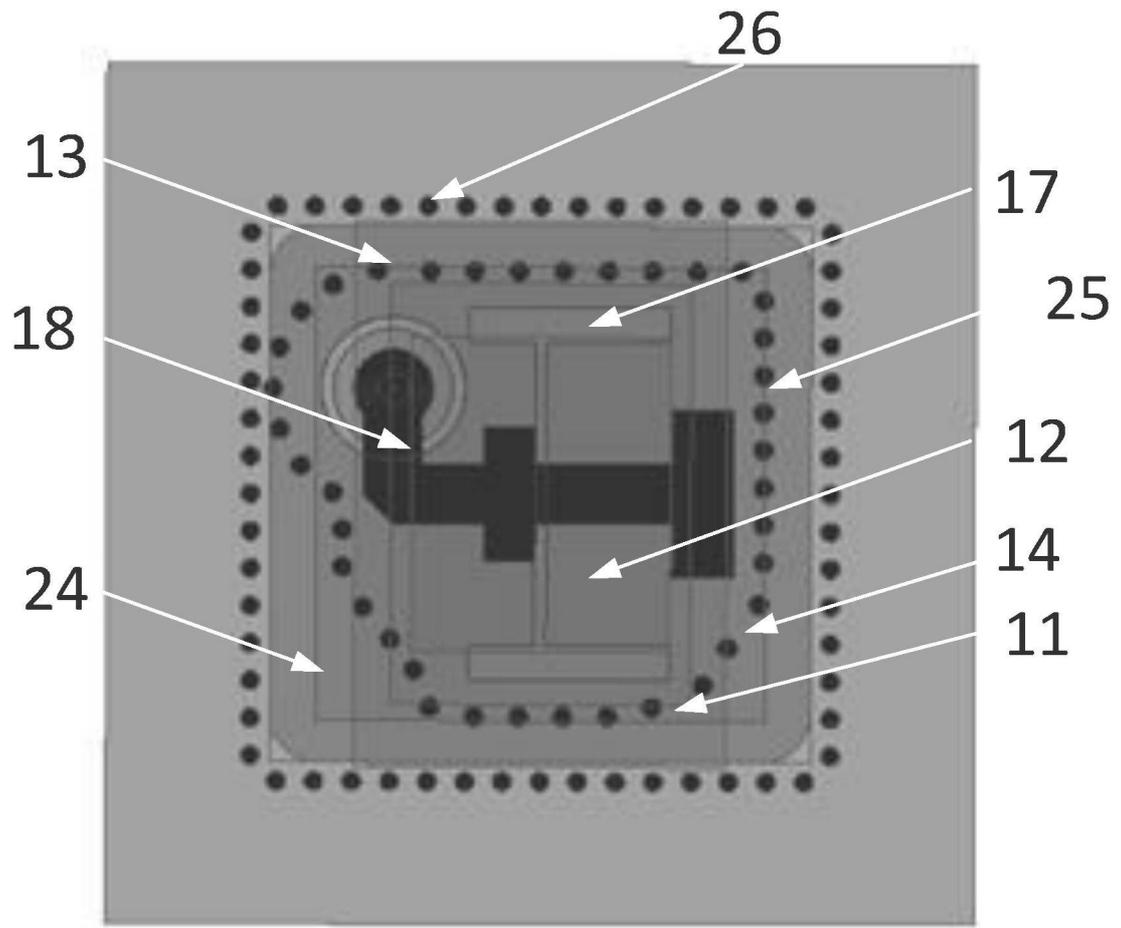


图1

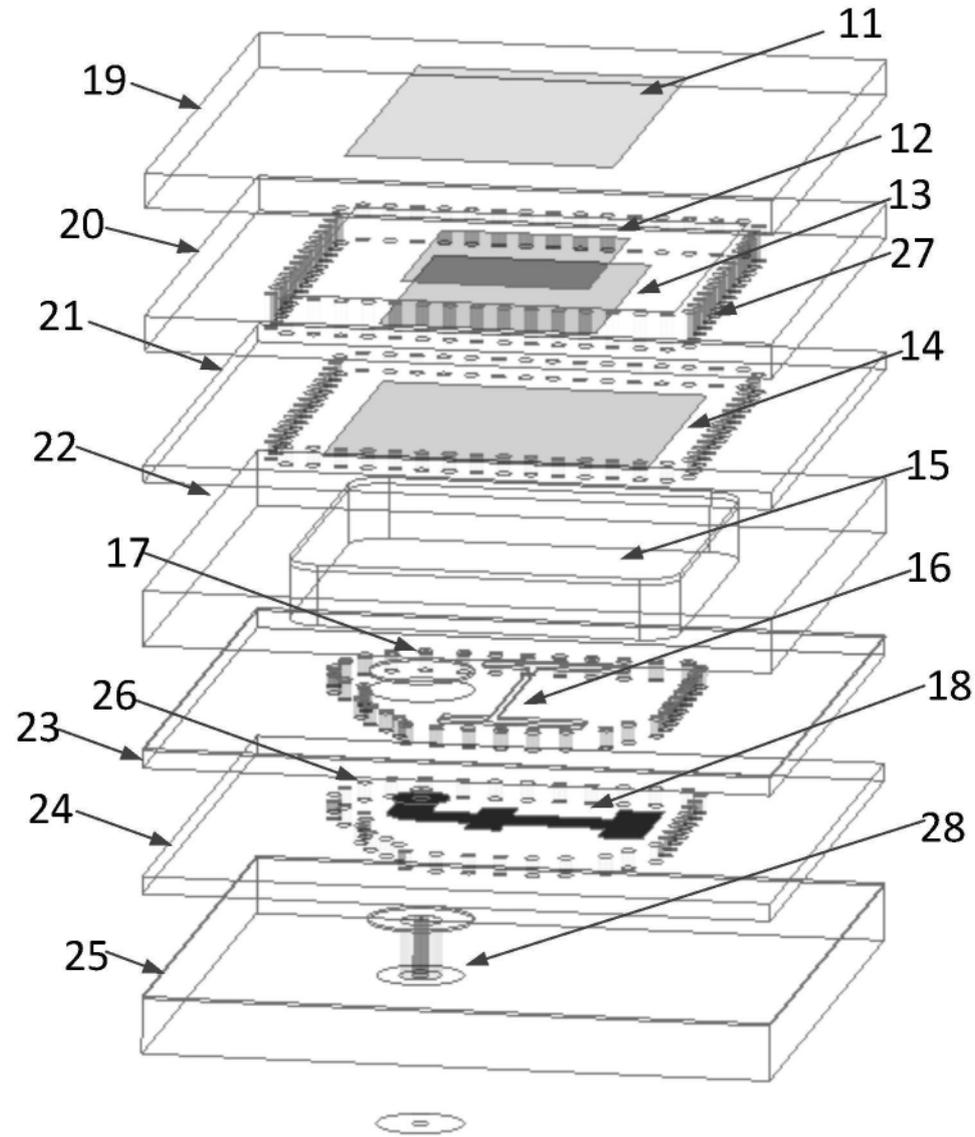


图2

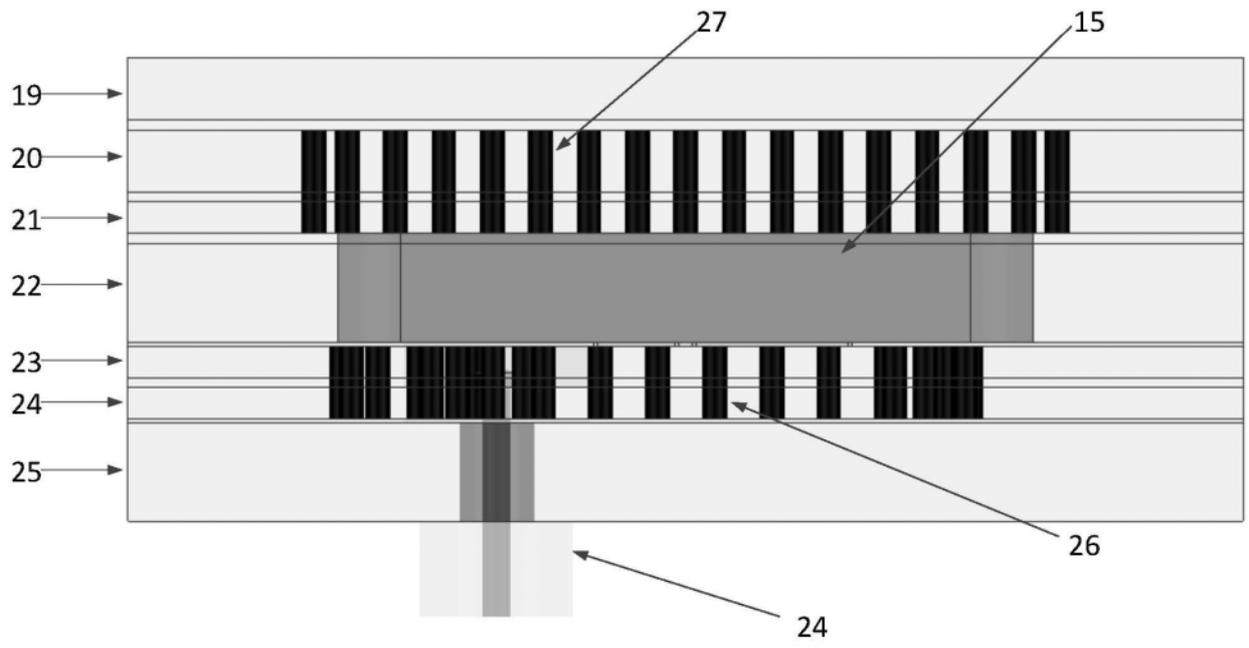


图3

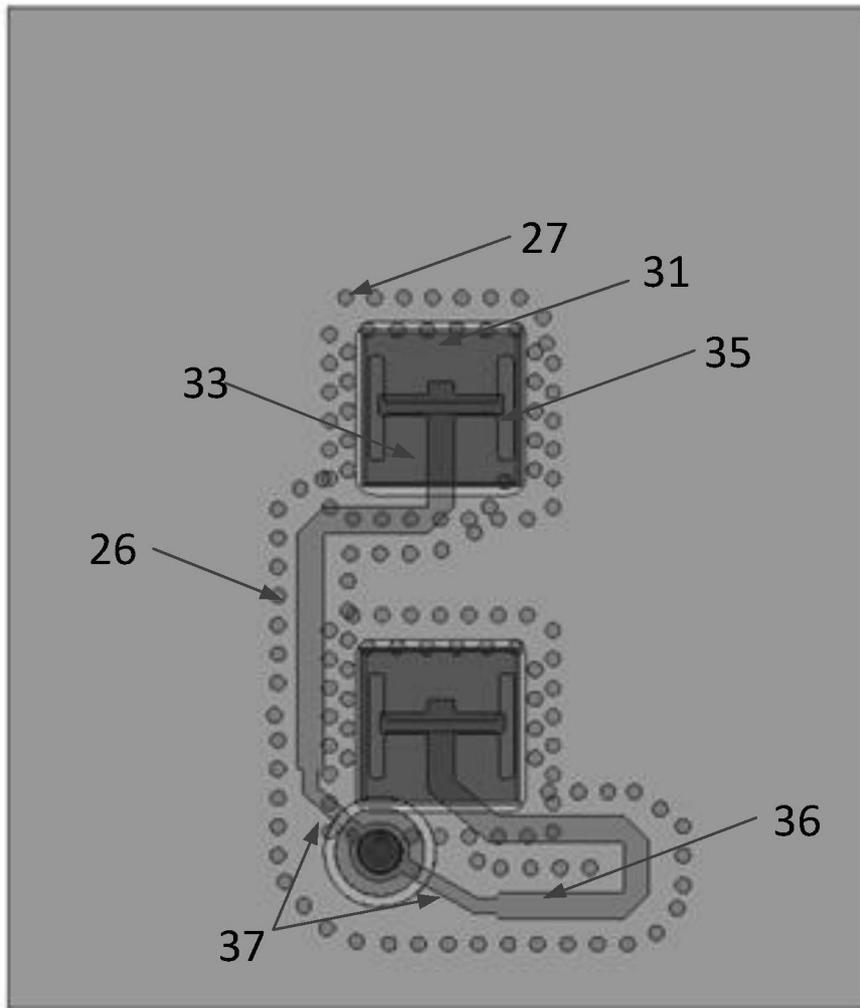


图4

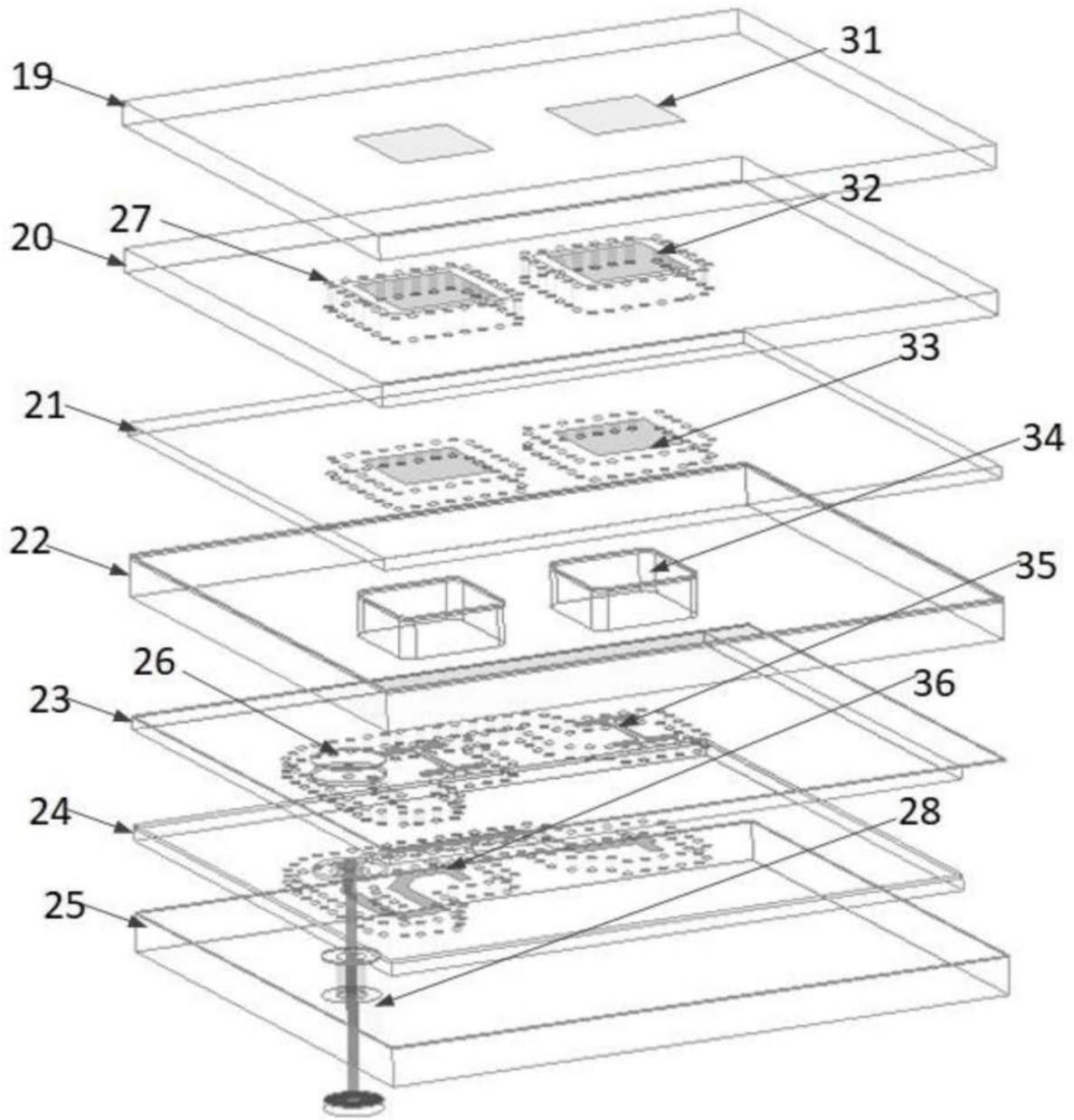


图5

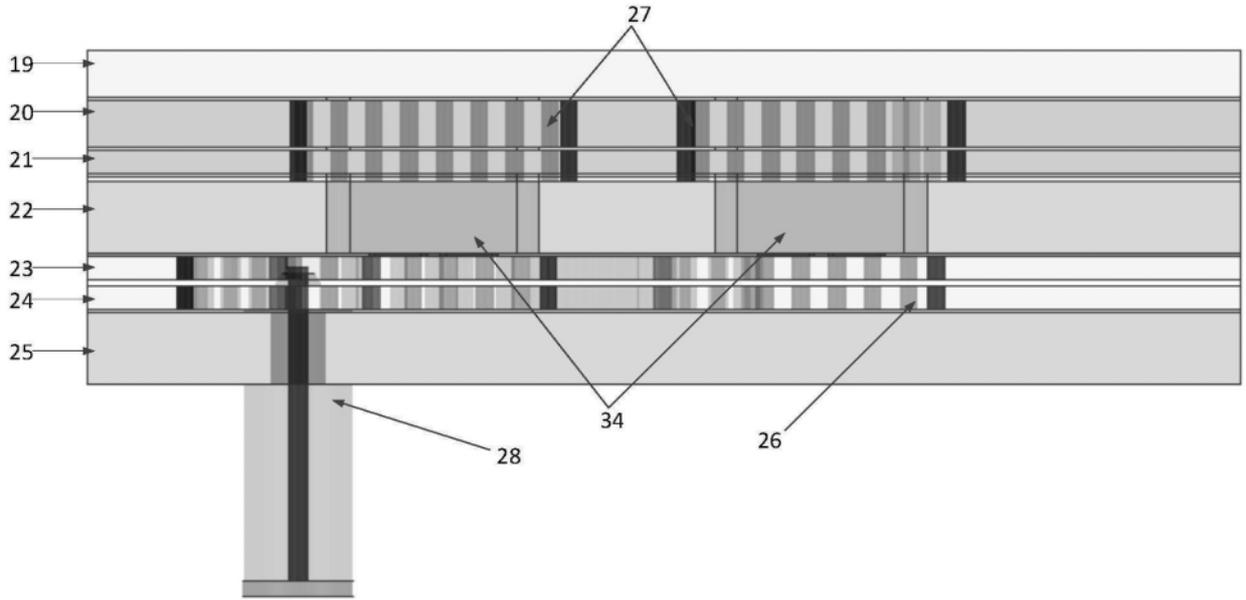


图6

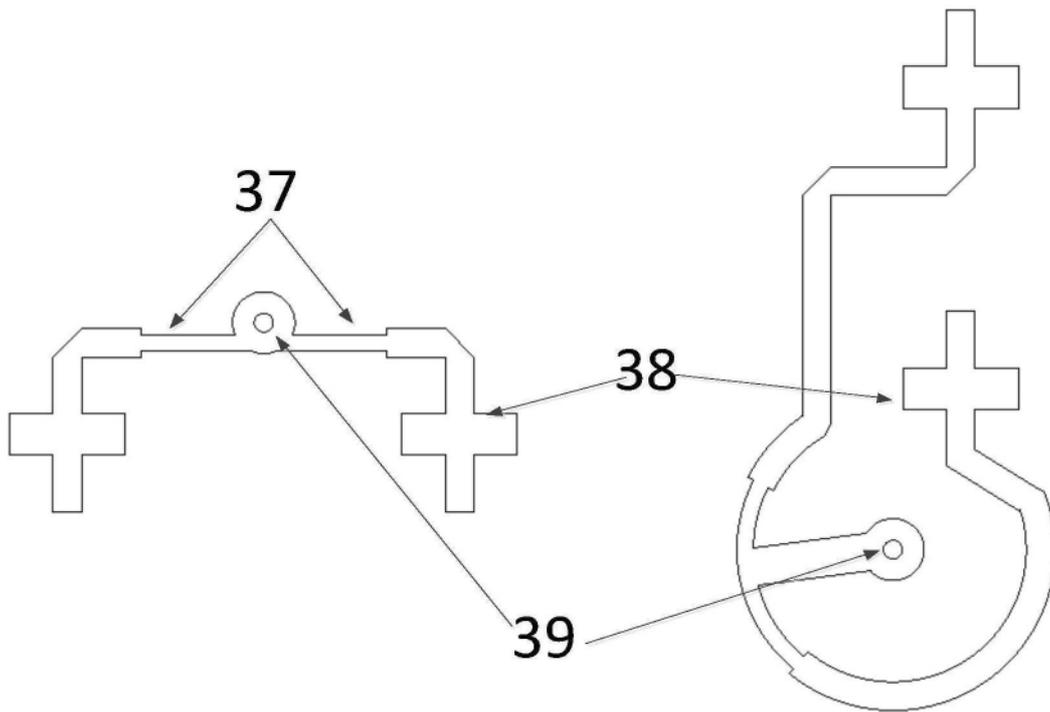


图7

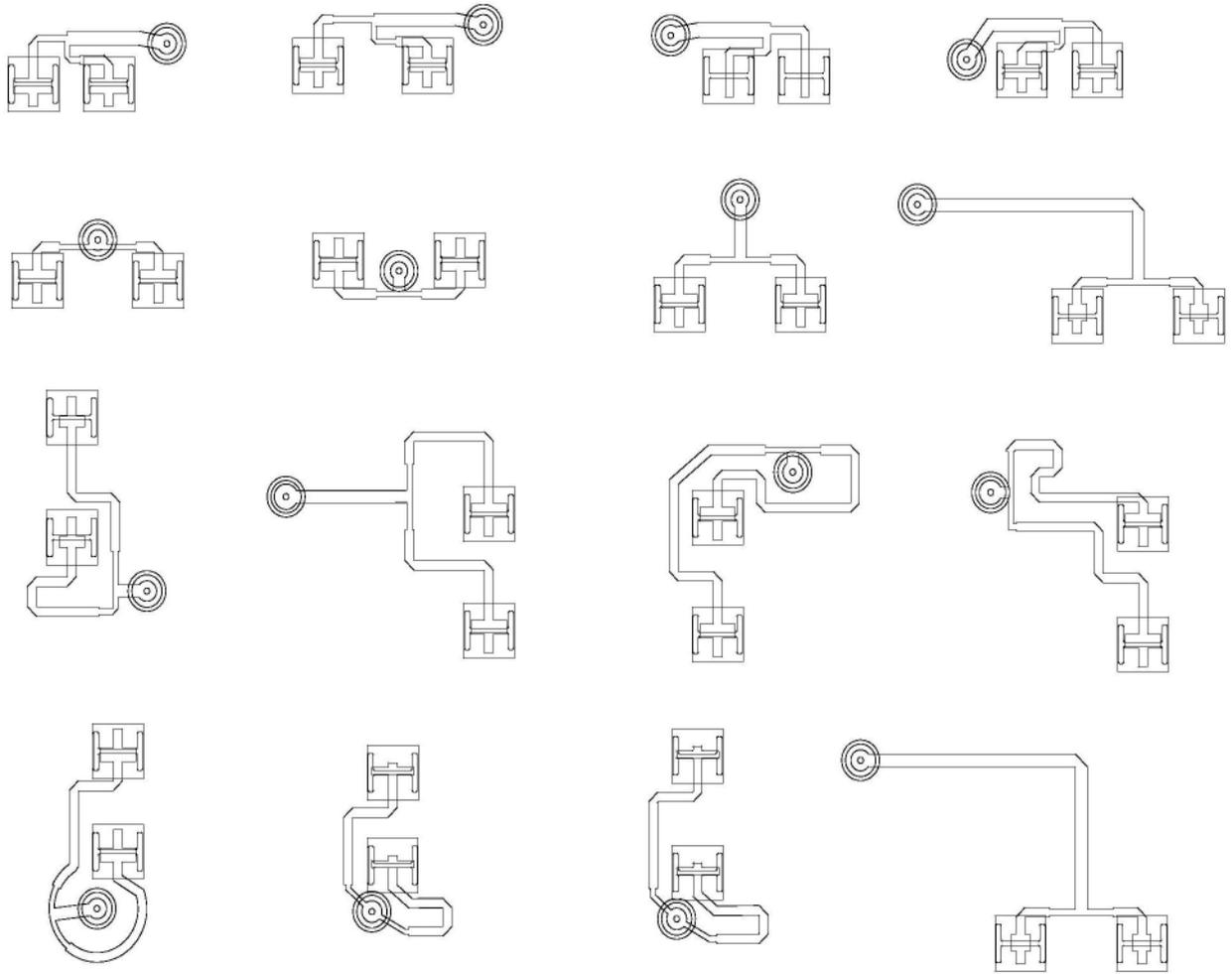


图8

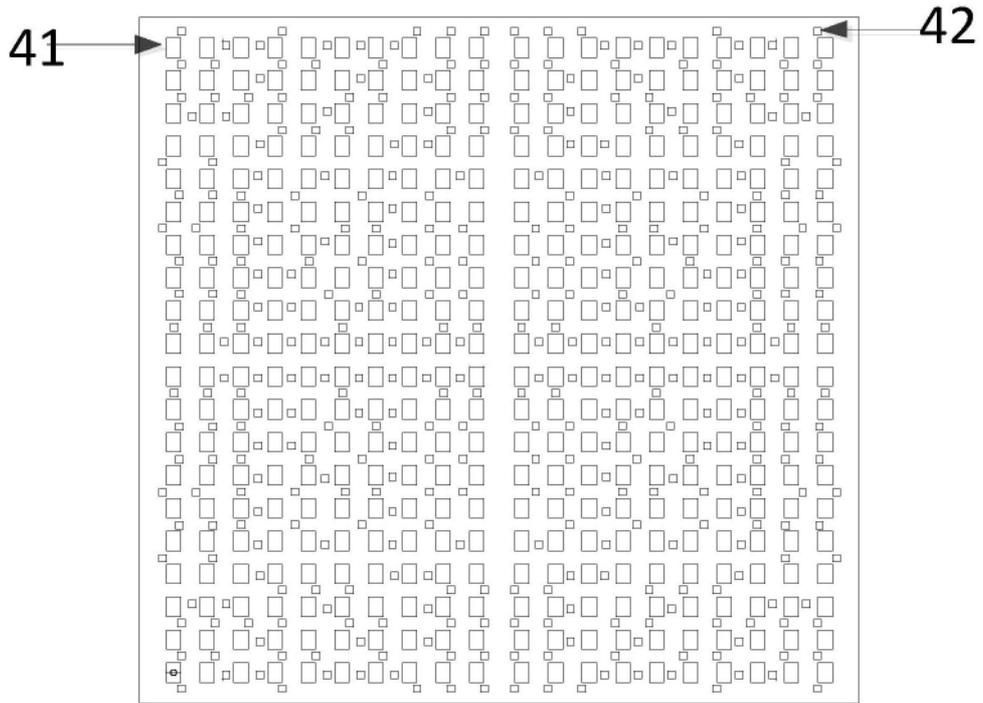


图9

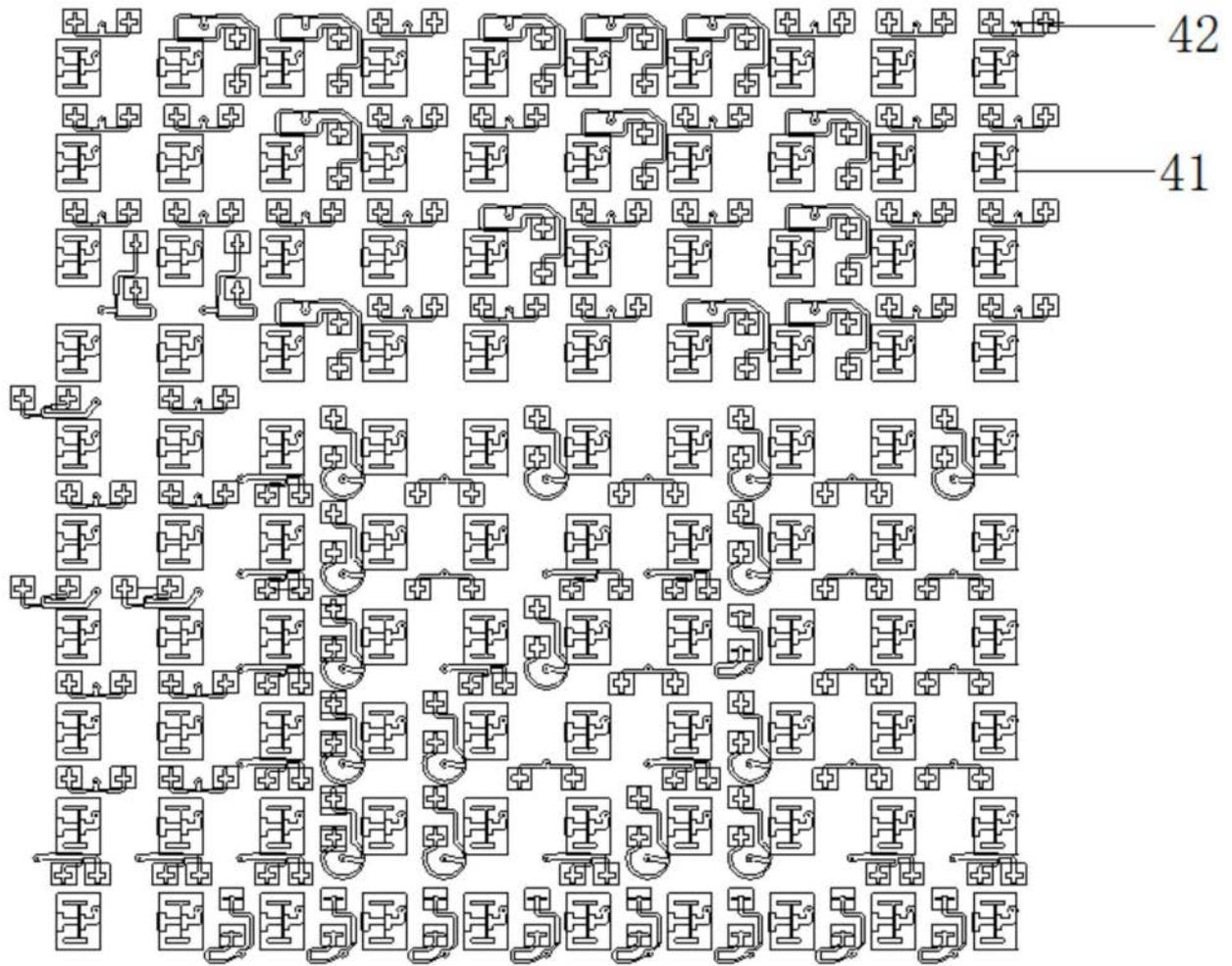


图10

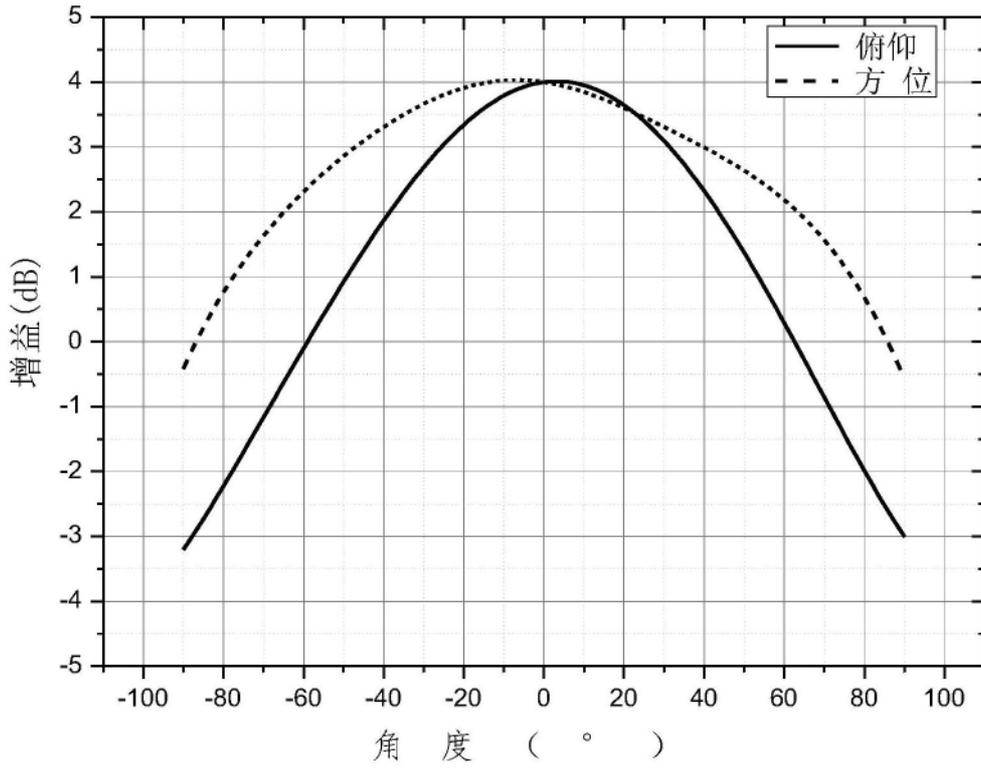


图11

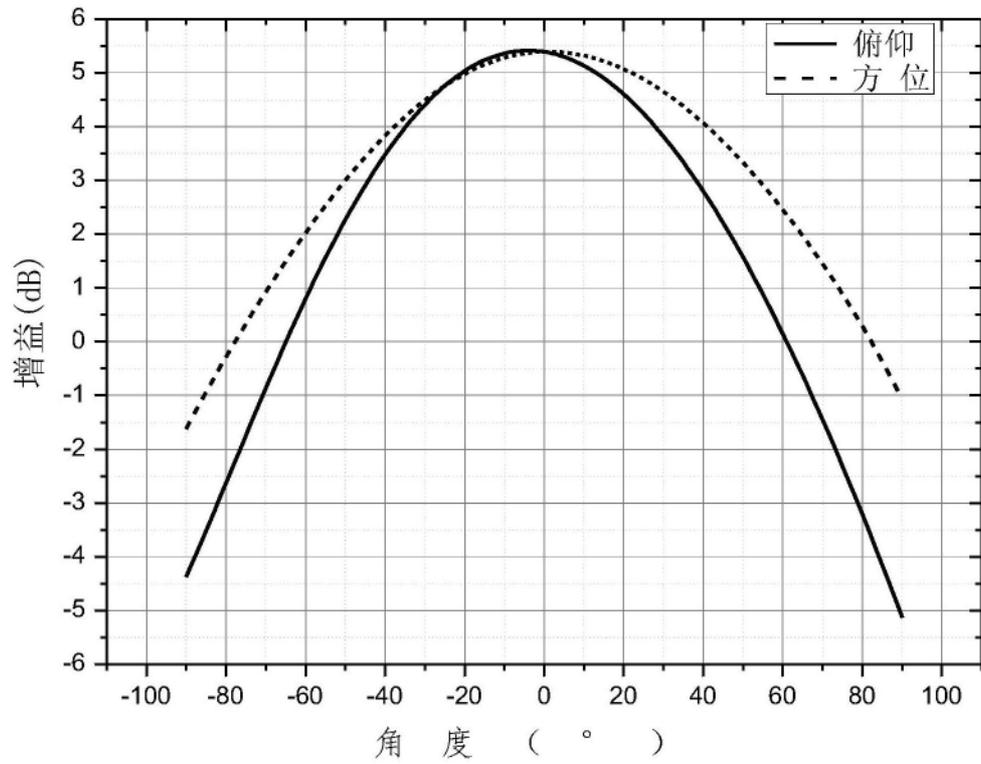


图12

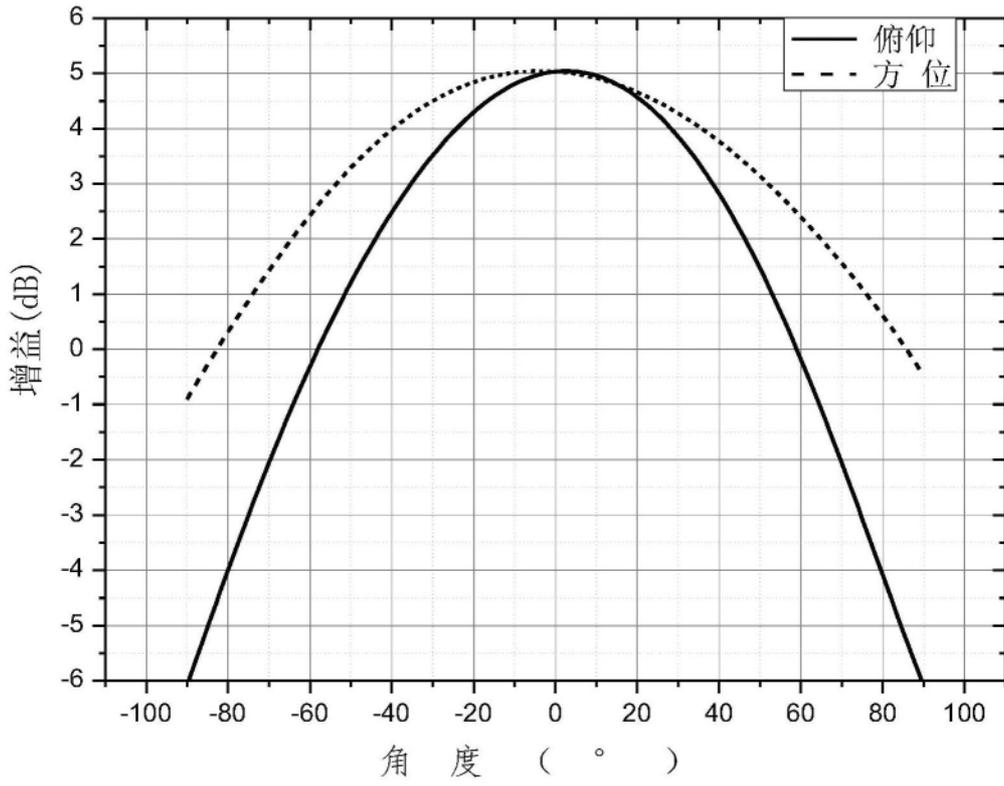


图13

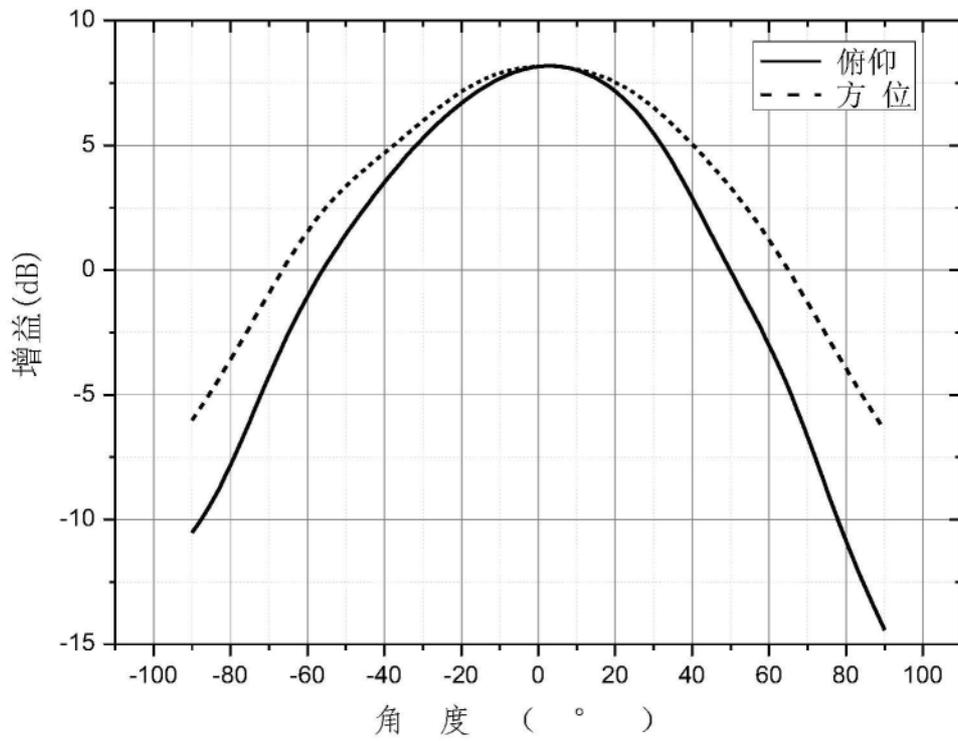


图14

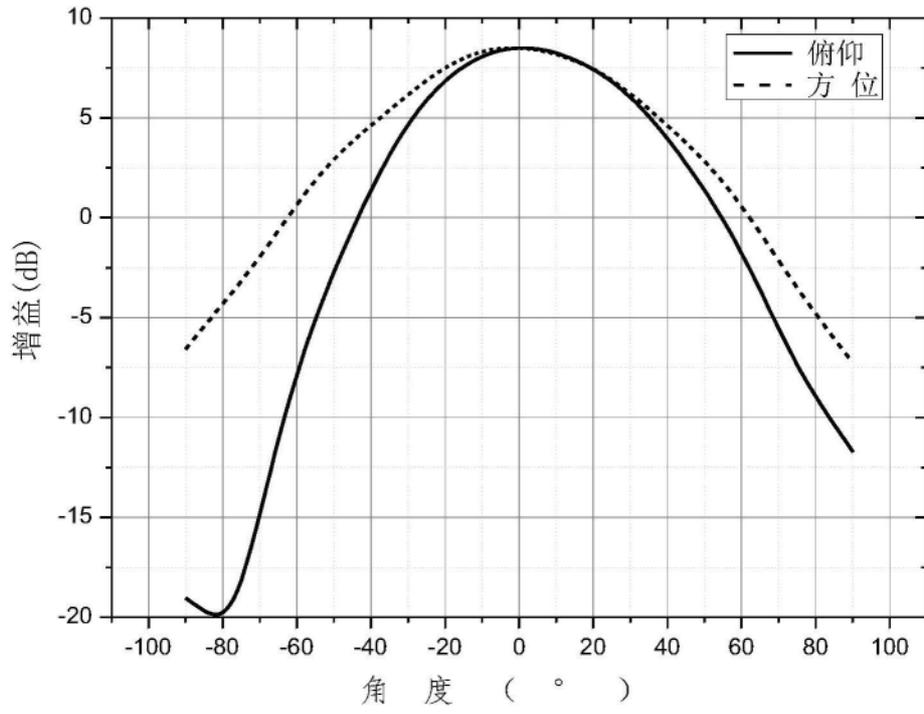


图15

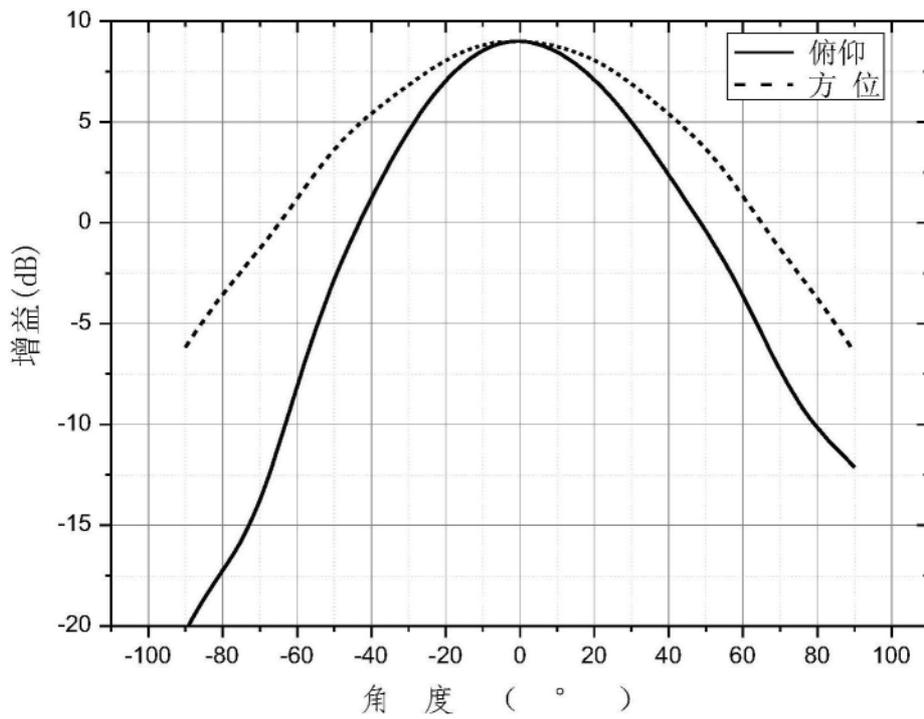


图16

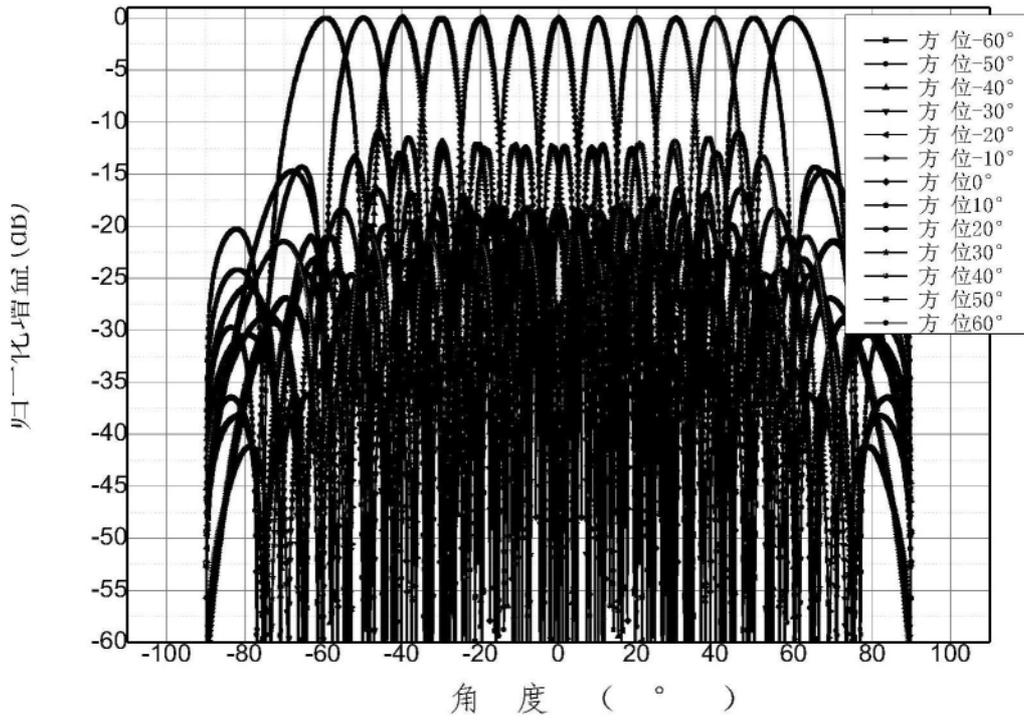


图17

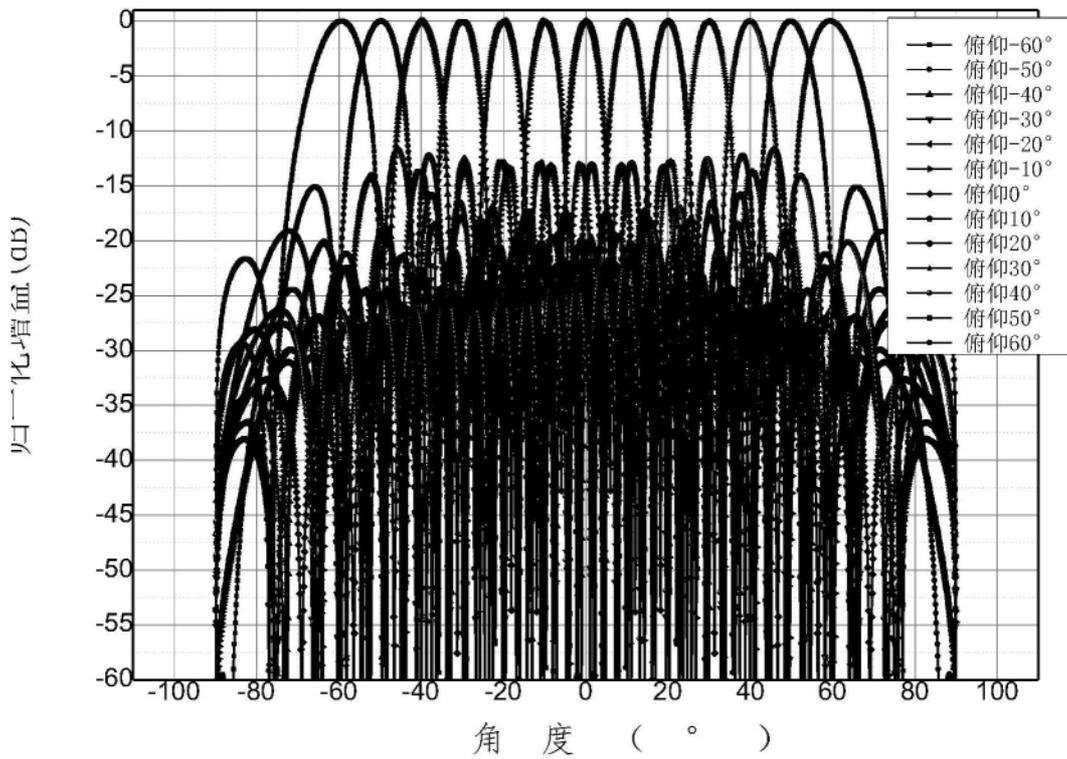


图18

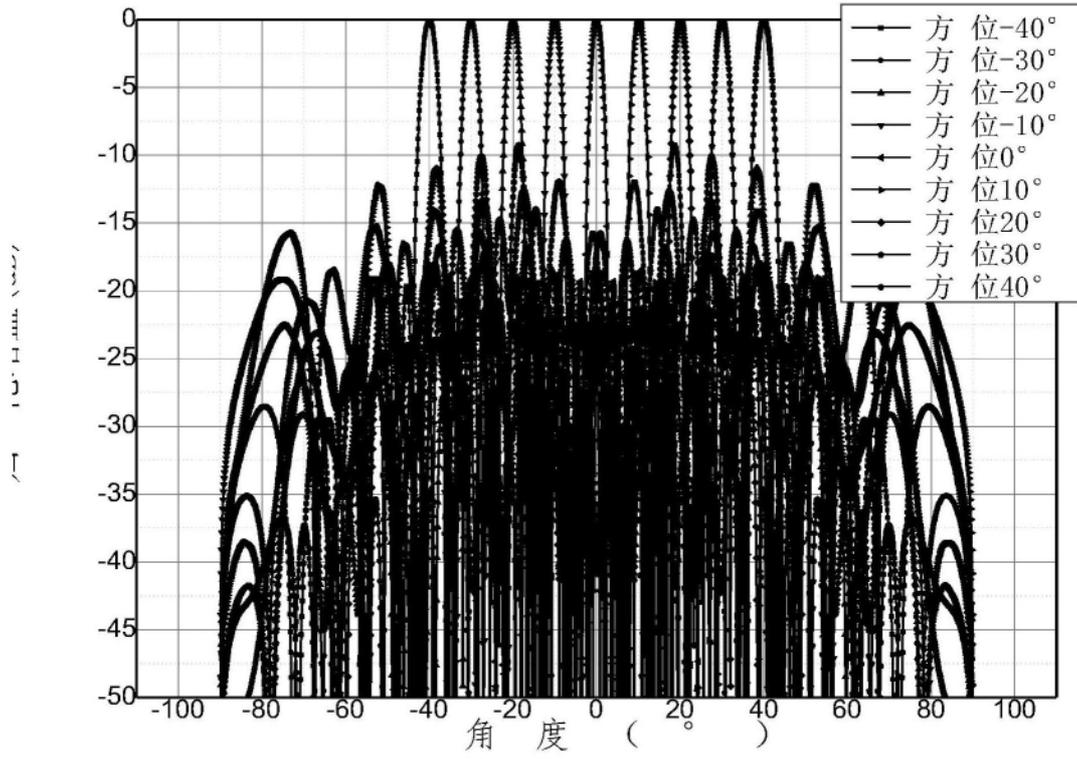


图19

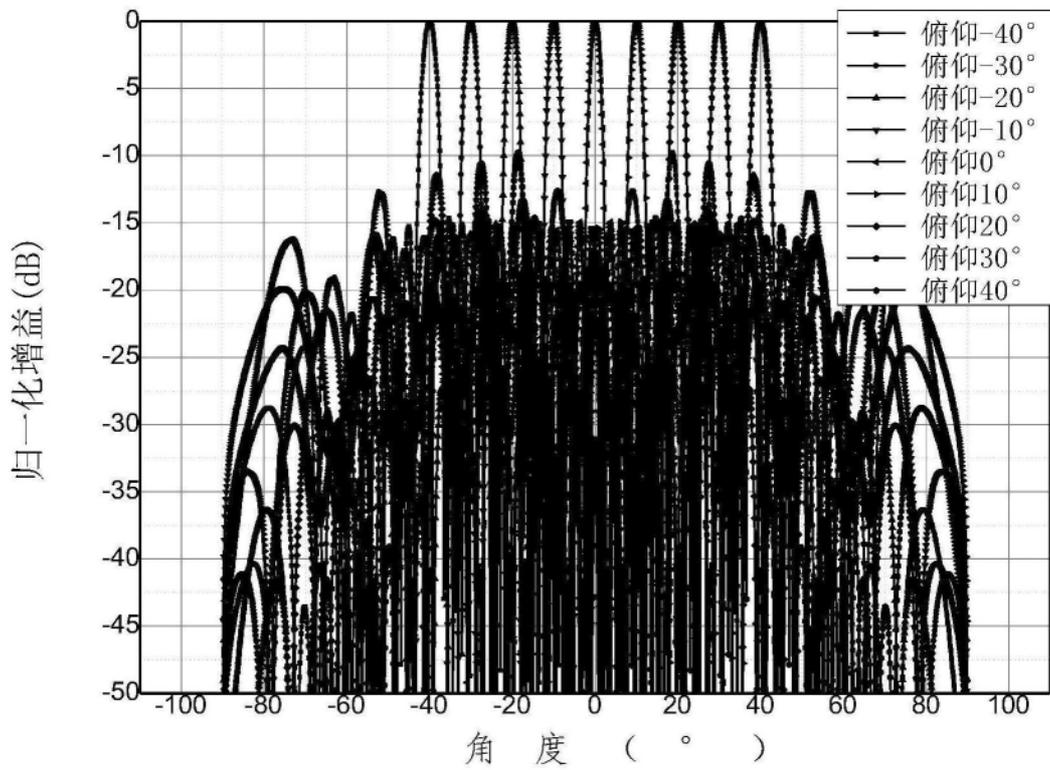


图20