



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114824833 B

(45) 授权公告日 2022.09.02

(21) 申请号 202210762976.7

H01Q 1/36 (2006.01)

(22) 申请日 2022.07.01

H01Q 13/10 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H01Q 1/48 (2006.01)

申请公布号 CN 114824833 A

H01Q 1/50 (2006.01)

(43) 申请公布日 2022.07.29

(56) 对比文件

(73) 专利权人 盛纬伦(深圳)通信技术有限公司

CN 108258398 A, 2018.07.06

地址 518111 广东省深圳市龙岗区平湖街

CN 107275768 A, 2017.10.20

道山厦社区中环大道中科谷产业园6

CN 113571893 A, 2021.10.29

栋903

CN 216288947 U, 2022.04.12

(72) 发明人 陈国胜 赵宗胜 蒋溱

CN 107275768 A, 2017.10.20

(74) 专利代理机构 深圳市智胜联合知识产权代

CN 113871850 A, 2021.12.31

理有限公司 44368

CN 114639954 A, 2022.06.17

专利代理师 王月

CN 111525250 A, 2020.08.11

(51) Int. Cl.

CN 114024148 A, 2022.02.08

H01Q 21/06 (2006.01)

KR 101605030 B1, 2016.03.21

H01Q 21/00 (2006.01)

US 2018269557 A1, 2018.09.20

审查员 张彦钰

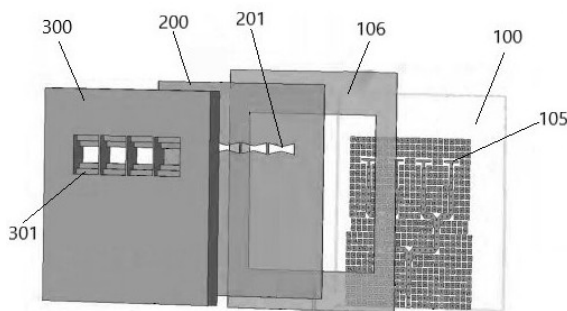
权利要求书2页 说明书7页 附图14页

(54) 发明名称

基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线

(57) 摘要

本申请提供了基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线,由四个印刷电路板间隙波导天线阵元以1×4阵列形式排列而成,印刷电路板间隙波导天线阵元包括:印刷电路板间隙波导层、结型槽辐射板层和凹槽结构板层;印刷电路板间隙波导层由周期性间隙波导单元格构成,底层接地板上印制有若干个金属柱,表面介质板上印刷有微带线,微带线上设有T型脊;结型槽辐射板层上开设有结型槽;凹槽结构板层包括三层凹槽喇叭孔,凹槽喇叭孔与结型槽对应设置。本申请采用结型缝隙天线获得较宽的阻抗带宽,同时采用三层凹槽结构提供强大的机械支撑并提高增益,具有带宽、低旁瓣电平和高增益,具有低损耗,高效率,低成本和易于加工的特点。



1. 基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线, 其特征在于, 阵列天线由四个印刷电路板间隙波导天线阵元以 1×4 阵列形式排列而成, 所述印刷电路板间隙波导天线阵元包括: 由下而上依次层叠设置的印刷电路板间隙波导层、结型槽辐射板层和凹槽结构板层;

所述印刷电路板间隙波导层由周期性间隙波导单元格构成, 所述周期性间隙波导单元格包括层叠设置的底层接地板和表面介质板, 所述底层接地板上印制有若干个金属柱, 所述表面介质板上印刷有微带线, 所述微带线上设有T型脊;

所述结型槽辐射板层上开设有结型槽, 所述结型槽与所述T型脊的横端对应设置以形成结型辐射缝;

所述凹槽结构板层包括凹槽喇叭孔, 所述凹槽喇叭孔与所述结型槽对应设置, 所述凹槽喇叭孔包括位于中心的结型开孔和位于所述结型开孔两侧的三层凹槽。

2. 根据权利要求1所述的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线, 其特征在于, 四个所述印刷电路板间隙波导天线阵元一体成型, 所述阵列天线还包括功率分配器, 所述功率分配器呈树枝形设置以形成四个馈电输送线结构, 四个馈电输送线结构分别与四个所述印刷电路板间隙波导天线阵元的所述微带线一一对应。

3. 根据权利要求2所述的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线, 其特征在于, 所述功率分配器包括第一功率分配器、第二功率分配器和第三功率分配器, 所述第一功率分配器、所述第二功率分配器和所述第三功率分配器均为一分二馈电结构, 所述第一功率分配器的两个馈电端口分别与所述第二功率分配器和所述第三功率分配器的输入端连接; 所述第二功率分配器和所述第三功率分配器的四个馈电端口分别与四个所述印刷电路板间隙波导天线阵元连接。

4. 根据权利要求1所述的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线, 其特征在于, 三层所述凹槽的宽度沿与其垂直向上方向依次递增, 以使形成三层阶梯形凹槽结构。

5. 根据权利要求1所述的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线, 其特征在于, 所述印刷电路板间隙波导层、所述结型槽辐射板层和所述凹槽结构板层的叠加厚度为4.5mm。

6. 根据权利要求1所述的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线, 其特征在于, 四个所述印刷电路板间隙波导天线阵元的单元间距为0.8倍的波长, 其中, 所述波长为30 GHz的自由空间波长。

7. 根据权利要求1所述的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线, 其特征在于, 所述周期性间隙波导单元格在Rogers R04003印刷电路板上打印生产。

8. 根据权利要求1所述的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线, 其特征在于, 所述印刷电路板间隙波导层、所述结型槽辐射板层和所述凹槽结构板层均为矩形结构。

9. 根据权利要求1所述的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线, 其特征在于, 所述印刷电路板间隙波导层、所述结型槽辐射板层和所述凹槽结构板层的边缘均对应开设有多多个螺钉孔, 对应的所述螺钉孔内设有用于固定连接所述印刷电路板间隙波导层、所述结型槽辐射板层和所述凹槽结构板层的塑料螺钉。

10. 根据权利要求1所述的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线, 其特征在于, 所述印刷电路板间隙波导层还包括金属框架, 所述金属框架上开设有矩形通孔, 所述金属框架设于所述阵列天线的周侧。

基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线

技术领域

[0001] 本申请涉及无线通信领域,特别是基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线。

背景技术

[0002] 毫米波频段(30--300GHz)的阵列天线能够提供大带宽和高速数据传输的可能性。然而,与低频频带相比,毫米波的空气衰减和雨水损耗是比较大的,因此需要高增益和宽带的天线来减轻该频率范围内的空气和雨水的损耗。

[0003] 传统的微带线在微波频段下能够满足低损耗的要求。在毫米波的频段下,微带线馈电网络会受到高的导电损耗和介质损耗的影响。矩形或空心波导在较高频率下具有较高的品质因数和较低的导体损耗,但是随着频率的增加,设计的复杂性也随之增加。侧壁变得非常难以制造,确保正确的电接触成为一个巨大的挑战。基板集成波导(SIW)是另一种很有前途的技术,可用于设计毫米波频率下的高效馈电网络,其电气特性类似于传统的矩形波导。最近,印刷电路板间隙波导技术由于其在毫米波段的低损耗而引起了很多关注。虽然印刷电路板间隙波导技术建立在印刷电路板技术之上,但因为电磁波在间隙的空气内传播,因此它只会产生微弱的介质损耗。世界上已经提出了各种基于印刷电路板间隙波导技术的定向天线阵列,具有改进带宽和高增益的特点。但是带宽和增益的改进效果并不明显,而且在毫米波频段基板集成波导的加工成本一般都很高,很难在量产化的工业产品中得到应用。

[0004] 基于以上问题,有必要研发一款具有带宽、低旁瓣电平和高增益的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线,以解决上述问题。

发明内容

[0005] 鉴于所述问题,提出了本申请以便提供克服所述问题或者至少部分地解决所述问题的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线,阵列天线由四个印刷电路板间隙波导天线阵元以 1×4 阵列形式排列而成,所述印刷电路板间隙波导天线阵元包括:由下而上依次层叠设置的印刷电路板间隙波导层、结型槽辐射板层和凹槽结构板层;

[0006] 所述印刷电路板间隙波导层由周期性间隙波导单元格构成,所述周期性间隙波导单元格包括层叠设置的底层接地板和表面介质板,所述底层接地板上印制有若干个金属柱,所述表面介质板上印刷有微带线,所述微带线上设有T型脊;

[0007] 所述结型槽辐射板层上开设有结型槽,所述结型槽与所述T型脊的横端对应设置以形成结型辐射缝;

[0008] 所述凹槽结构板层包括凹槽喇叭孔,所述凹槽喇叭孔与所述结型槽对应设置,所述凹槽喇叭孔包括位于中心的结型开孔和位于所述结型开孔两侧的三层凹槽。

[0009] 优选地,四个所述印刷电路板间隙波导天线阵元一体成型,所述阵列天线还包括功率分配器,所述功率分配器呈树枝形设置以形成四个馈电输送线结构,四个馈电输送线

结构分别与四个所述印刷电路板间隙波导天线阵元的所述微带线一一对应。

[0010] 优选地,所述功率分配器包括第一功率分配器、第二功率分配器和第三功率分配器,所述第一功率分配器、所述第二功率分配器和所述第三功率分配器均为一分二馈电结构,所述第一功率分配器的两个馈电端口分别与所述第二功率分配器和所述第三功率分配器的输入端连接;所述第二功率分配器和所述第三功率分配器的四个馈电端口分别与四个所述印刷电路板间隙波导天线阵元连接。

[0011] 优选地,三层所述凹槽的宽度沿与其垂直向上方向依次递增,以使形成三层阶梯形凹槽结构。

[0012] 优选地,所述印刷电路板间隙波导层、所述结型槽辐射板层和所述凹槽结构板层的叠加厚度为4.5mm。

[0013] 优选地,四个所述印刷电路板间隙波导天线阵元的单元间距为0.8倍的波长,其中,所述波长为30 GHz的自由空间波长。

[0014] 优选地,所述周期性间隙波导单元格在Rogers R04003印刷电路板上打印生产。

[0015] 优选地,所述印刷电路板间隙波导层、所述结型槽辐射板层和所述凹槽结构板层均为矩形结构。

[0016] 优选地,所述印刷电路板间隙波导层、所述结型槽辐射板层和所述凹槽结构板层的边缘均对应开设有多个螺钉孔,对应的所述螺钉孔内设有用于固定连接所述印刷电路板间隙波导层、所述结型槽辐射板层和所述凹槽结构板层的塑料螺钉。

[0017] 优选地,所述印刷电路板间隙波导层还包括金属框架,所述金属框架上开设有矩形通孔,所述金属框架设于所述阵列天线的周侧。

[0018] 本申请具有以下优点:

[0019] 在本申请的实施例中,通过由四个印刷电路板间隙波导天线阵元以 1×4 阵列形式排列而成,所述印刷电路板间隙波导天线阵元包括:由下而上依次层叠设置的印刷电路板间隙波导层、结型槽辐射板层和凹槽结构板层;所述印刷电路板间隙波导层由周期性间隙波导单元格构成,所述周期性间隙波导单元格包括层叠设置的底层接地板和表面介质板,所述底层接地板上印制有若干个金属柱,所述表面介质板上印刷有微带线,所述微带线上设有T型脊;所述结型槽辐射板层上开设有结型槽,所述结型槽与所述T型脊的横端对应设置以形成结型辐射缝;所述凹槽结构板层包括凹槽喇叭孔,所述凹槽喇叭孔与所述结型槽对应设置,所述凹槽喇叭孔包括位于中心的结型开孔和位于所述结型开孔两侧的三层凹槽。通过带结型槽的T形脊来提高天线的匹配水平和阻抗带宽,通过在结型槽上设置凹槽喇叭孔,加载了三层凹槽以增强电场面和磁场面平面的旁瓣电平低于-13 dB;本申请采用结型缝隙天线获得较宽的阻抗带宽,同时采用三层凹槽结构提供强大的机械支撑并提高增益,具有带宽、低旁瓣电平和高增益。

附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本申请的技术方案,下面将对本申请的描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

- [0021] 图1是本申请一实施例提供的单排周期性间隙波导单元格原型结构示意图；
- [0022] 图2是本申请一实施例提供的单排周期性间隙波导单元格的对应色散关系图；
- [0023] 图3a是本申请一实施例提供的单排周期的印刷电路板间隙波导的传输线结构；
- [0024] 图3b是本申请一实施例提供的单排周期的印刷电路板间隙波导相应的反射系数和传输系数；
- [0025] 图4是本申请一实施例提供的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线的结构示意图；
- [0026] 图5是本申请一实施例提供的天线阵元的结构示意图；
- [0027] 图6a是本申请一实施例提供的 1×4 功率分配器的仿真布局；
- [0028] 图6b是本申请一实施例提供的功率分配器的仿真S参数；
- [0029] 图7是本申请一实施例提供的结型阵列天线的仿真模型俯视图；
- [0030] 图8是本申请一实施例提供的结型阵列天线的反射系数和增益；
- [0031] 图9a是本申请一实施例提供的结型阵列天线的仿真归一化辐射电场面平面方向图；
- [0032] 图9b是本申请一实施例提供的结型阵列天线的仿真归一化辐射磁场面平面方向图；
- [0033] 图10a是本申请一实施例提供的印刷电路板间隙波导的天线子阵的仿真反射系数；
- [0034] 图10b是本申请一实施例提供的印刷电路板间隙波导的天线子阵的增益随频率的变化图；
- [0035] 图10c是本申请一实施例提供的30 GHz印刷电路板间隙波导的天线子阵的仿真辐射方向图；
- [0036] 图11是本申请一实施例提供的改变凹槽尺寸仿真增益比较图；
- [0037] 图12a是本申请一实施例提供的 1×4 凹槽阵列天线的仿真反射系数和增益；
- [0038] 图12b是本申请一实施例提供的凹槽阵列天线的仿真电场面辐射方向图；
- [0039] 图12c是本申请一实施例提供的凹槽阵列天线的仿真磁场面辐射方向图；
- [0040] 图13a是本申请一实施例提供的 1×4 三层凹槽阵列天线3D结构示意图；
- [0041] 图13b是本申请一实施例提供的32GHz的仿真电场面辐射图比较；
- [0042] 图13c是本申请一实施例提供的34GHz的仿真电场面辐射图比较；
- [0043] 图14是本申请一实施例提供的34GHz的仿真电场面辐射图比较；
- [0044] 图15a是本申请一实施例提供的 1×4 结型阵列天线的测量反射系数；
- [0045] 图15b是本申请一实施例提供的 1×4 结型阵列天线的测量增益；
- [0046] 图16a是本申请一实施例提供的测量和仿真归一化30 GHz电场面辐射方向图的比较；
- [0047] 图16b是本申请一实施例提供的测量和仿真归一化30 GHz磁场面辐射方向图的比较；
- [0048] 图16c是本申请一实施例提供的测量和仿真归一化34 GHz电场面辐射方向图的比较；
- [0049] 图16d是本申请一实施例提供的测量和仿真归一化34 GHz磁场面辐射方向图的比

较。

[0050] 附图标记说明：

[0051] 100、印刷电路板间隙波导层；101、底层接地板；102、表面介质板；103、金属柱；104、微带线；105、T型脊；106、金属框架；107、顶层金属盖板；110、第一功率分配器；112、第二功率分配器；113、第三功率分配器；200、结型槽辐射板层；201、结型槽；300、凹槽结构板层；301、凹槽喇叭孔。

具体实施方式

[0052] 为使本申请的所述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图和具体实施方式对本申请作进一步详细的说明。显然，所描述的实施例是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

[0053] 参照图1-图16，示出了本申请一实施例提供的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线，阵列天线由四个印刷电路板间隙波导天线阵元以 1×4 阵列形式排列而成，所述印刷电路板间隙波导天线阵元包括：由下而上依次层叠设置的印刷电路板间隙波导层100、结型槽辐射板层200和凹槽结构板层300；所述印刷电路板间隙波导层100由周期性间隙波导单元格构成，所述周期性间隙波导单元格包括层叠设置的底层接地板101和表面介质板102，所述底层接地板101上印制有若干个金属柱103，所述表面介质板102上印刷有微带线104，所述微带线104上设有T型脊105；所述结型槽辐射板层200上开设有结型槽201，所述结型槽201与所述T型脊105的横端对应设置以形成结型辐射缝；所述凹槽结构板层300包括凹槽喇叭孔301，所述凹槽喇叭孔301与所述结型槽201对应设置，所述凹槽喇叭孔301包括位于中心的结型开孔和位于所述结型开孔两侧的三层凹槽。

[0054] 在本申请的实施例中，通过由四个印刷电路板间隙波导天线阵元以 1×4 阵列形式排列而成，所述印刷电路板间隙波导天线阵元包括：由下而上依次层叠设置的印刷电路板间隙波导层100、结型槽辐射板层200和凹槽结构板层300；所述印刷电路板间隙波导层100由周期性间隙波导单元格构成，所述周期性间隙波导单元格包括层叠设置的底层接地板101和表面介质板102，所述底层接地板101上印制有若干个金属柱103，所述表面介质板102上印刷有微带线104，所述微带线104上设有T型脊105；所述结型槽辐射板层200上开设有结型槽201，所述结型槽201与所述T型脊105的横端对应设置以形成结型辐射缝；所述凹槽结构板层300包括凹槽喇叭孔301，所述凹槽喇叭孔301与所述结型槽201对应设置，所述凹槽喇叭孔301包括位于中心的结型开孔和位于所述结型开孔两侧的三层凹槽。通过带结型槽201的T形脊来提高天线的匹配水平和阻抗带宽，通过在结型槽201上设置凹槽喇叭孔301，加载了三层凹槽以增强电场面和磁场面平面的旁瓣电平低于-13 dB；本申请采用结型缝隙天线获得较宽的阻抗带宽，同时采用三层凹槽结构提供强大的机械支撑并提高增益，具有带宽、低旁瓣电平和高增益。

[0055] 下面，将对本示例性实施例中基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线作进一步地说明。

[0056] 本申请利用印刷电路板间隙波导技术设计天线，如图1所示为本申请所提出的周期性间隙波导单元格原型结构图，周期性间隙波导单元格包括底层接地板101层、印刷在底

层接地板101层上的若干个金属柱103、设置在金属柱103上表面的表面介质板102以及设置在表面介质板102上的顶层金属盖板107,底层接地板101层印制柱状周期结构以构成PMC,顶层外侧全覆铜形成PEC,表面介质板102印刷微带线104。

[0057] 需要说明的是,间隙波导的主要特点是它能够使用周期性结构创建一个频率的阻带,会有一个准TEM模在阻带内传播,这根主模提供了无线通信,雷达和成像的可能。其对应的色散图如图2所示,可以看出周期结构的阻带为24-45GHz,准TEM模的工作频段可以为24--45 GHz。发明专利的周期性间隙波导单元格结构在Rogers R04003上打印生产,其机械结构比较稳定坚固,且比较传统的FR4介质板其介质损耗很低。

[0058] 作为一种示例,为了验证印刷电路板间隙波导的回波损耗和插入损耗,本申请所提出的印刷电路板间隙波导结构如图3a所示,使用微带-印刷电路板间隙波导转换。印刷电路板间隙波导的S参数如图3b所示,可以明显看出传输系数(S21)接近 -0.5 ± 0.2 dB,反射系数(S11)在整个频段内低于-15 dB。

[0059] 在本申请实施例中,如图4-图5所示,阵列天线由四个印刷电路板间隙波导天线阵元以 1×4 阵列形式排列而成,所述印刷电路板间隙波导天线阵元包括:由下而上依次层叠设置的印刷电路板间隙波导层100、结型槽辐射板层200和凹槽结构板层300,具体地,所述印刷电路板间隙波导层100、所述结型槽辐射板层200和所述凹槽结构板层300均为矩形结构,所述印刷电路板间隙波导层100、所述结型槽辐射板层200和所述凹槽结构板层300的叠加厚度为4.5mm,四个所述印刷电路板间隙波导天线阵元一体成型;所述印刷电路板间隙波导层100由周期性间隙波导单元格构成,所述周期性间隙波导单元格包括层叠设置的底层接地板101和表面介质板102,所述底层接地板101上印制有若干个金属柱103,所述表面介质板102上印刷有微带线104,所述微带线104上设有T型脊105;所述结型槽辐射板层200上开设有结型槽201,所述结型槽201与所述T型脊105的横端对应设置以形成结型辐射缝;通过结型槽201和T形脊形成结型辐射缝来提高天线的匹配水平和阻抗带宽,其中,缝隙天线本身在中心频率处具有大约有4-5%的带宽。

[0060] 作为一种示例,所述印刷电路板间隙波导层100还包括金属框架106,所述金属框架106上开设有矩形通孔,所述金属框架106设于所述阵列天线的周侧,金属框架106用于支撑内部区域的阵列天线。

[0061] 在本申请实施例中,所述阵列天线还包括功率分配器,所述功率分配器呈树枝形设置以形成四个馈电输送线结构,四个馈电输送线结构分别与四个所述印刷电路板间隙波导天线阵元的所述微带线104一一对应。

[0062] 作为一种示例,所述功率分配器包括第一功率分配器110、第二功率分配器112和第三功率分配器113,所述第一功率分配器110、所述第二功率分配器112和所述第三功率分配器113均为一分二馈电结构,所述第一功率分配器110的两个馈电端口分别与所述第二功率分配器112和所述第三功率分配器113的输入端连接;所述第二功率分配器112和所述第三功率分配器113的四个馈电端口分别与四个所述印刷电路板间隙波导天线阵元连接。

[0063] 需要说明的是,最初, 1×2 馈电网络设计在29-37GHz范围内匹配电平 < -15 dB。然后,使用双向馈电网络构建一个 1×4 的功率分配器,其示意图如图6a所示。 1×4 功率分配器的S参数如图6b所示,其中匹配带宽水平在所需频带中低于-15 dB。在 29-37 GHz 范围内,每个端口的传输系数约为 -6.5 dB。该功率分配器用于为四个结型开槽阵列天线供

电,如图7所示;其中所提出阵列的反射系数如图8所示。可以看出,所提出的阵列结构提供了22.7%的输入阻抗带宽。

[0064] 作为一种示例,四个所述印刷电路板间隙波导天线阵元的单元间距为0.8倍的波长,以避免栅瓣,其中波长是30 GHz的自由空间波长。

[0065] 在一具体实现中,1×4结型开槽阵列天线的辐射方向图如图9a和9b所示,电场面平面和磁场面平面在30GHz、32GHz和34GHz三个频点处。所提出的阵列天线由于四个单元天线阵列而在磁场面平面上具有窄波束,在电场面平面上主要由于单元方向图而在电场面平面上具有宽波束。

[0066] 在本申请实施例中,所述凹槽结构板层300包括凹槽喇叭孔301,所述凹槽喇叭孔301与所述结型槽201对应设置,所述凹槽喇叭孔301包括位于中心的结型开孔和位于所述结型开孔两侧的三层凹槽。

[0067] 作为一种示例,三层所述凹槽的宽度沿与其垂直向上方向依次递增,以使形成三层阶梯形凹槽结构。将凹槽设置为阶梯形孔径,凹槽尺寸仅在一个轴上增加,其加工简单且可以量产。在1×4阵列天线上加载三层阶梯凹槽以改变电场面和磁场面的辐射方向图,增强电场面和磁场面平面的旁瓣电平低于-13 dB。

[0068] 在一具体实现中,参照图10a和图10b,分别说明了具有和不具有喇叭状凹槽结构的单元天线的仿真反射系数和增益。可以观察到,使用凹槽层将天线带宽从(29-35.6)提高到20.6%,并且在添加凹槽层后,增益在29-37GHz的整个频率范围内增加了3 dB。此外,在中心工作频率下,具有和不具有喇叭状凹槽结构的电场的辐射方向图如图10c所示,从该图中可以看出,由于凹槽层,电场面平面中的光束变得更窄并且获得了高增益。如图11所示,对于三层凹槽截面,磁场面的尺寸保持不变,而电场面的尺寸呈阶梯状变化,从而能够导致口径面积整体增加提供更高的增益。

[0069] 在本申请实施例中,本申请提出的1×4加载凹槽结构的阵列天线如图4所示。阵列天线的反射系数如图12a所示,覆盖了29.4-36.8 GHz的22%带宽。此外,所提出的阵列在整个频带上实现了 14.5 ± 1 dBi 的增益。

[0070] 各种频点的电场面和磁场面的辐射方向图分别在图12b和12c中作出了标识。如图4所示,天线单元沿x方向线性放置,这导致磁场面平面的波束宽度较窄,而电场面平面的波束宽度较宽。因此,由于y方向上的凹槽边缘靠近天线单元,因此电场面平面中的辐射方向图受到影响,这导致电场面中的辐射方向图略微稳定。为了避免增加天线尺寸,增加了匹配的金属阶梯结构即阶梯凹槽以改善电场面平面辐射图;围绕阵列天线的开了高阻抗表面(即若干个金属柱103以及金属柱103上表面构成高阻抗表面)以降低表面波和相应地增强辐射方向图。本申请改进的线性阵列天线结构如图13a所示,改进的电场面辐射方向图如图13b和13c所示,分别在32GHz和34GHz。通过添加单个高阻抗表面,在不增加天线尺寸的情况下,电场面辐射方向图得到显著改善。

[0071] 本发明专利的实物加工如图14前三幅图所示,所述印刷电路板间隙波导层100、所述结型槽辐射板层200和所述凹槽结构板层300的边缘均对应开设多个螺钉孔,对应的所述螺钉孔内设有用于固定连接所述印刷电路板间隙波导层100、所述结型槽辐射板层200和所述凹槽结构板层300的塑料螺钉,使用塑料螺钉组装制造的最终的原型如图14后两幅图所示。测量和仿真的反射系数如图15a所示,可以注意到,|S11| 的阻抗带宽为22%,当 $s_{11} <$

-10 dB的标准测试的。该发明专利的增益如图15b所示,测试的增益在整个频段内约为15dBi。加工天线的辐射方向图如图16a-d所示,整个天线的方向图在低频,中频和高频段都比较正常。

[0072] 本申请提出的一种基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线。与印刷微带线104相比,它的损耗更低。采用结型缝隙天线获得较宽的阻抗带宽,同时采用三层凹槽结构提供强大的机械支撑并提高增益。制造的原型在工作频率带宽上实现了15.5 dBi的增益。制造的原型提供了22% 的阻抗带宽,其中显示了测量响应和仿真之间的一致性;该阵列天线具有低损耗,高效率,低成本和易于加工的特点,可以用作高分辨率毫米波成像系统,短距离高速通信和高分辨率的毫米波机场跑道异物检测的射频前端。

[0073] 尽管已描述了本申请实施例的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例做出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本申请实施例范围的所有变更和修改。

[0074] 最后,还需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者终端设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者终端设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者终端设备中还存在另外的相同要素。

[0075] 以上对本申请所提供的基于印刷电路板间隙波导技术的毫米波结型开槽阵列天线,进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本申请的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本申请的限制。

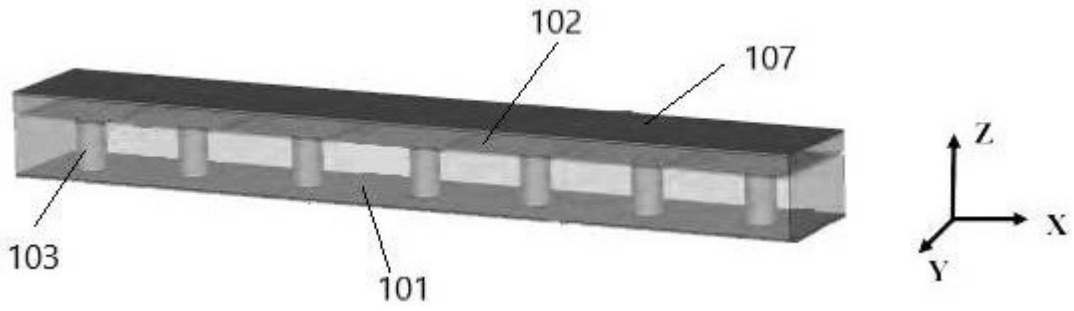


图1

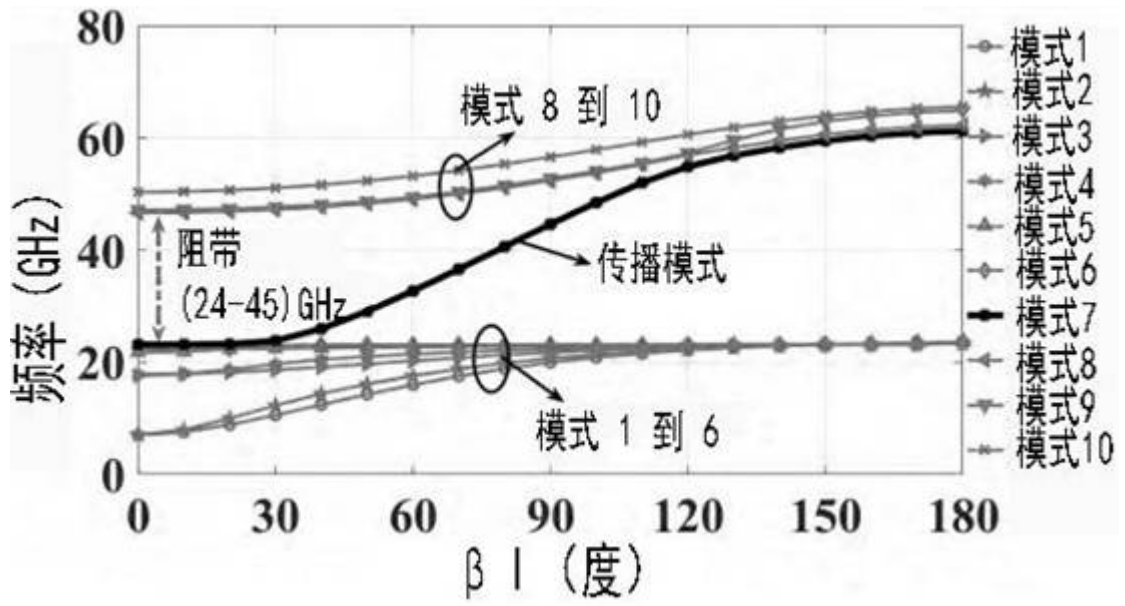


图2



图3a

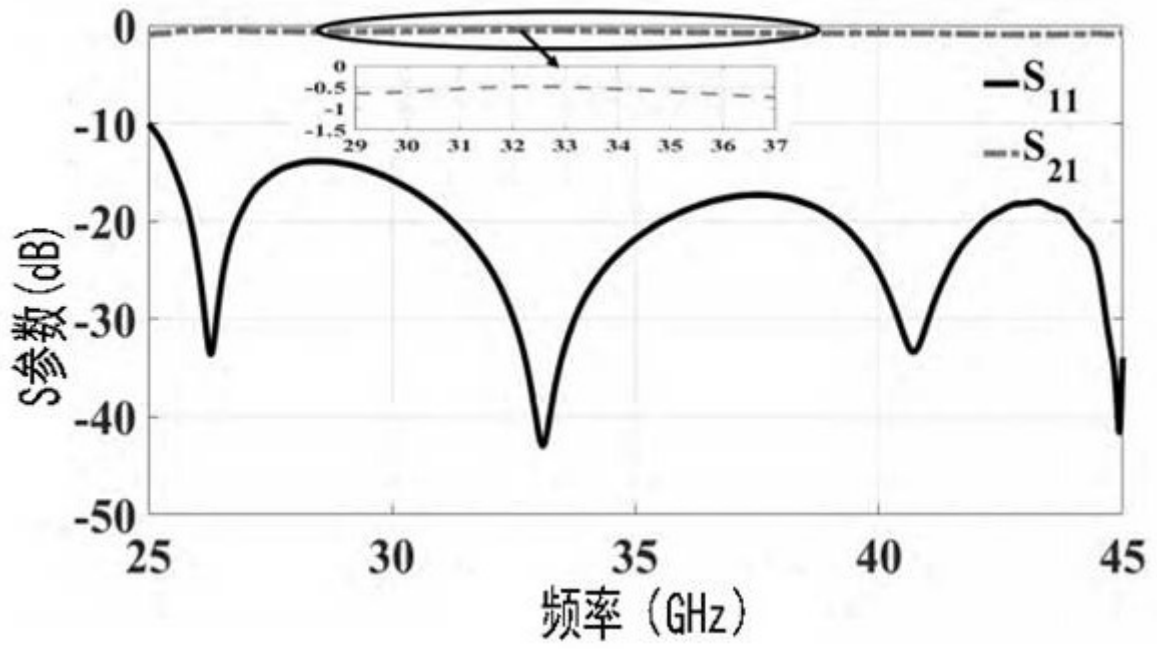


图3b

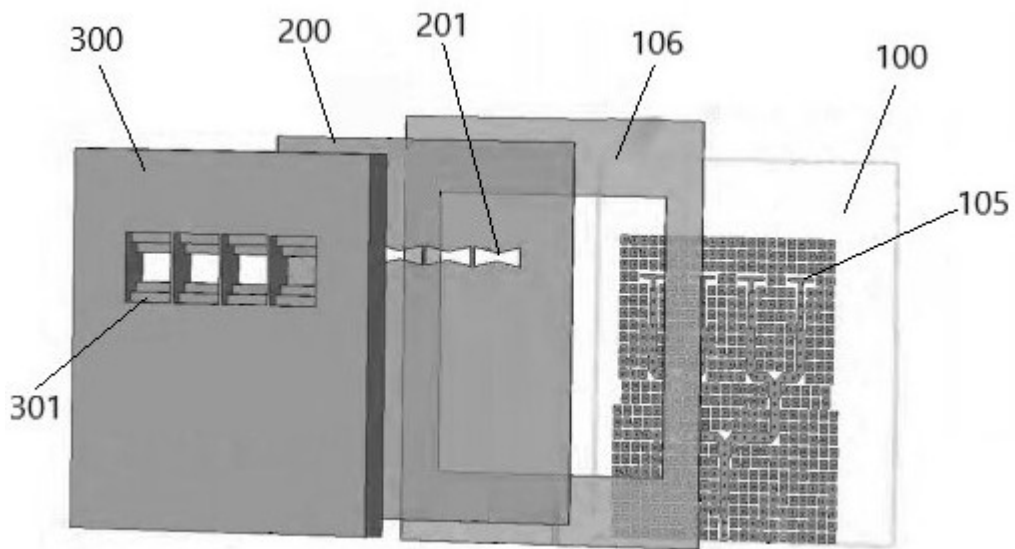


图4

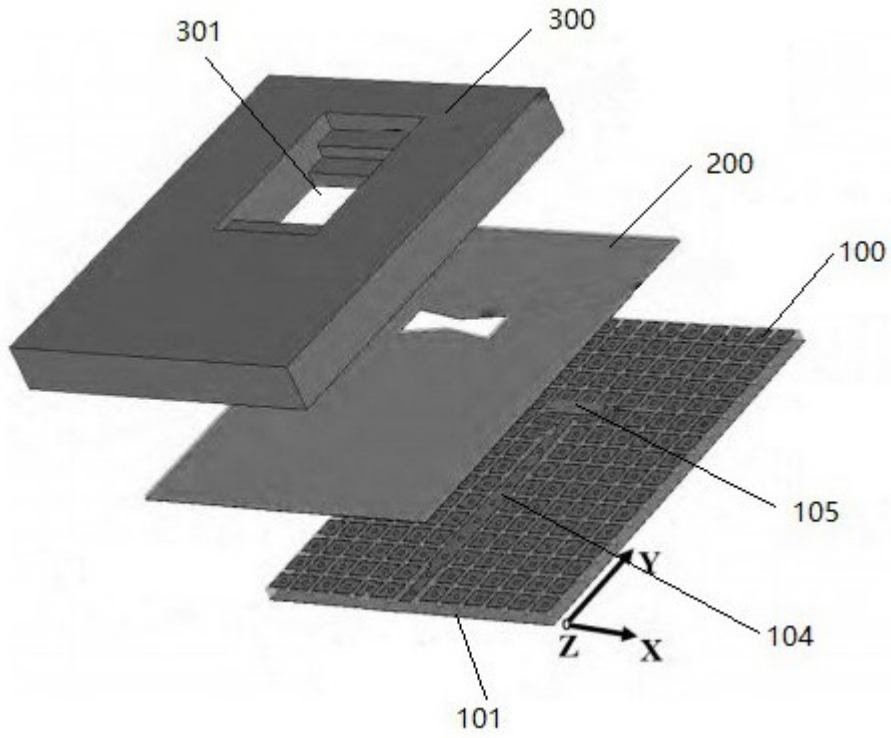


图5

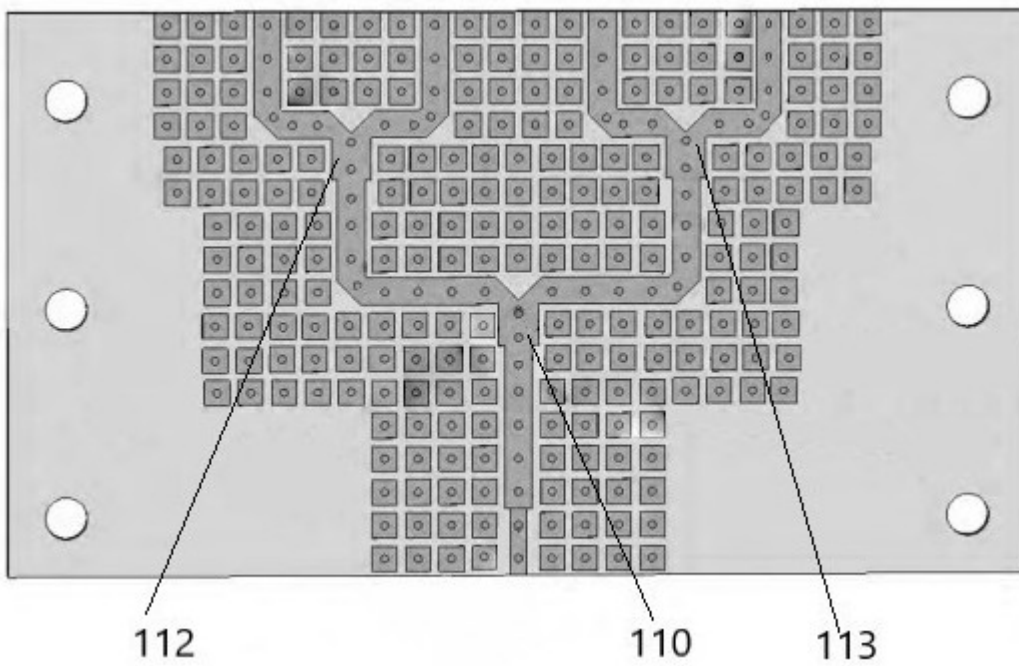


图6a

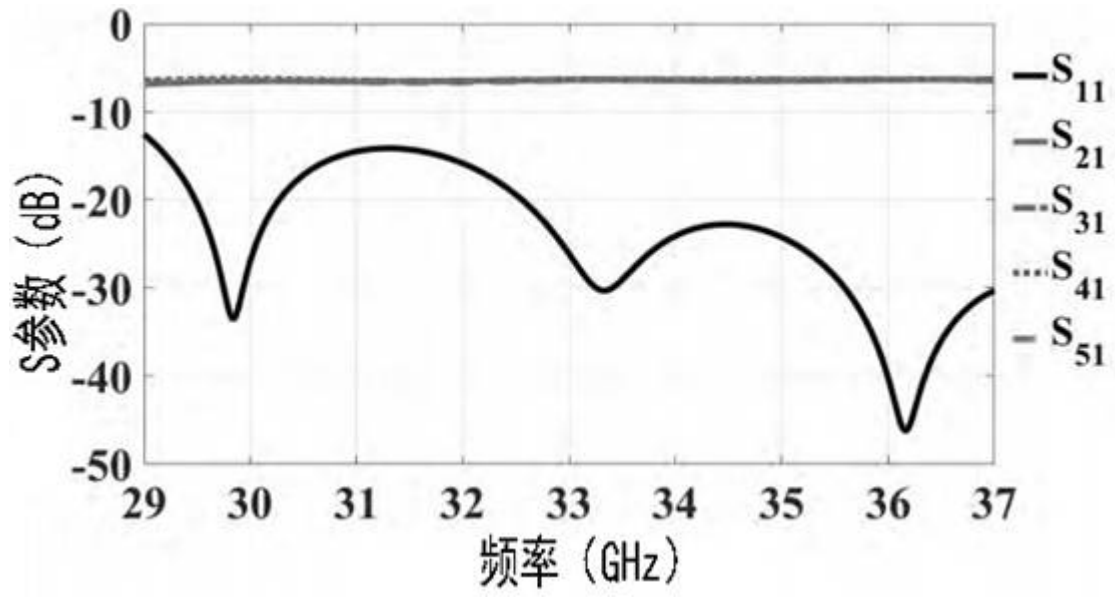


图6b

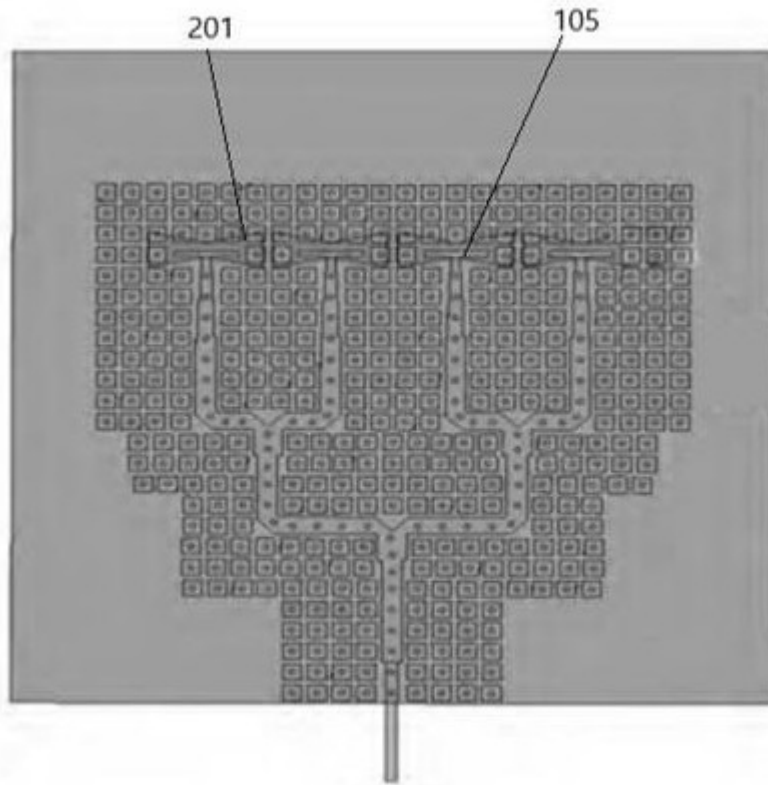


图7

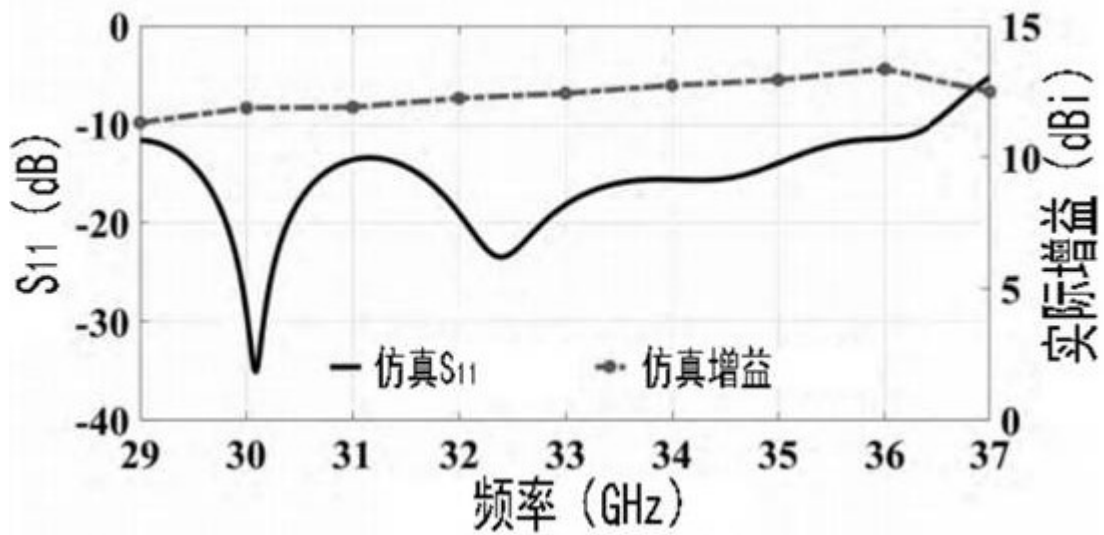


图8

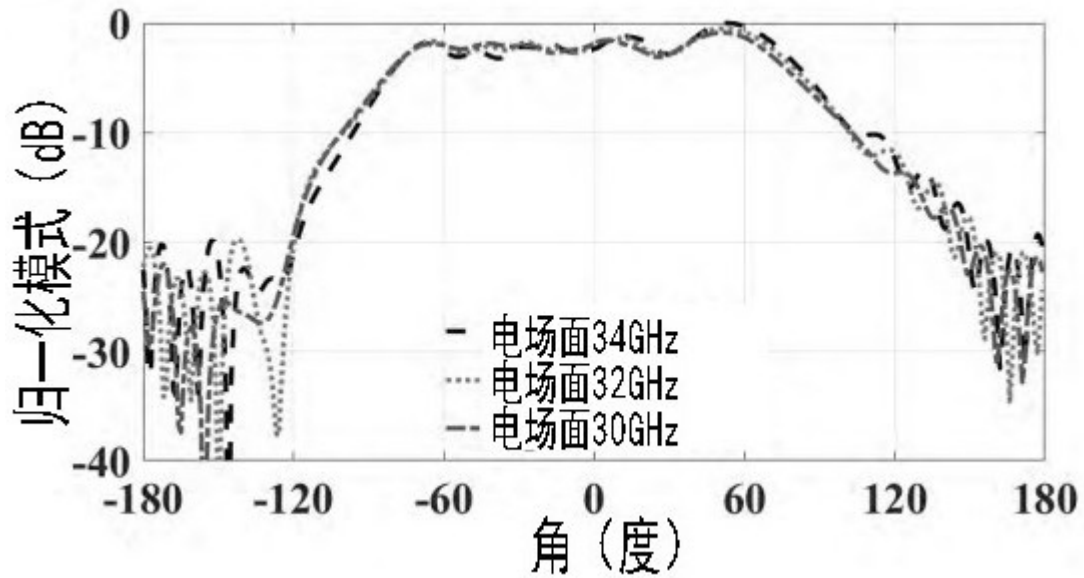


图9a

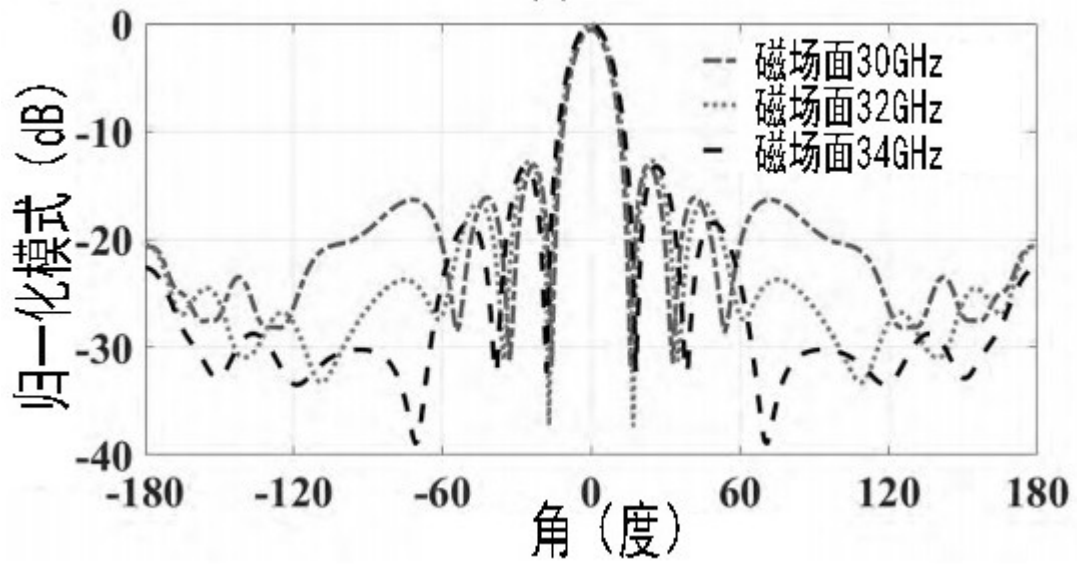


图9b

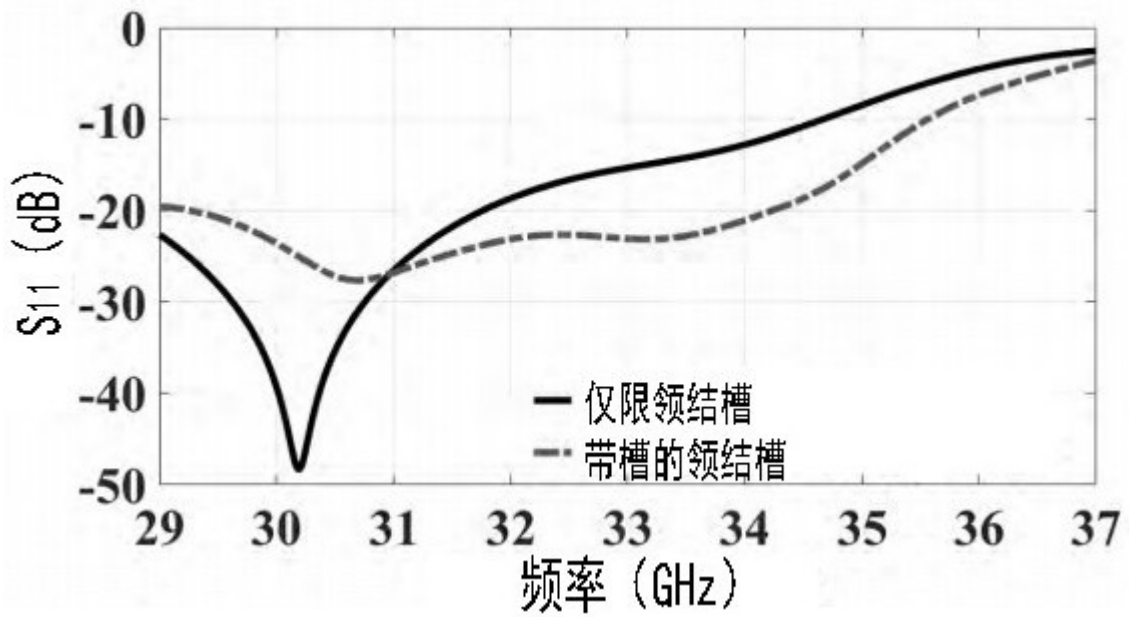


图10a

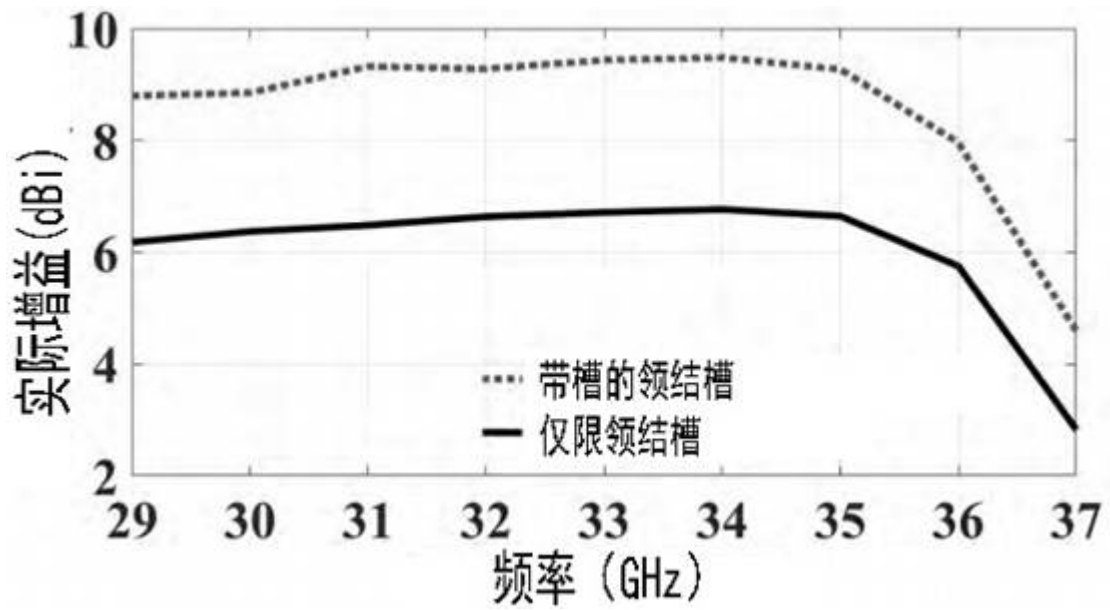


图10b

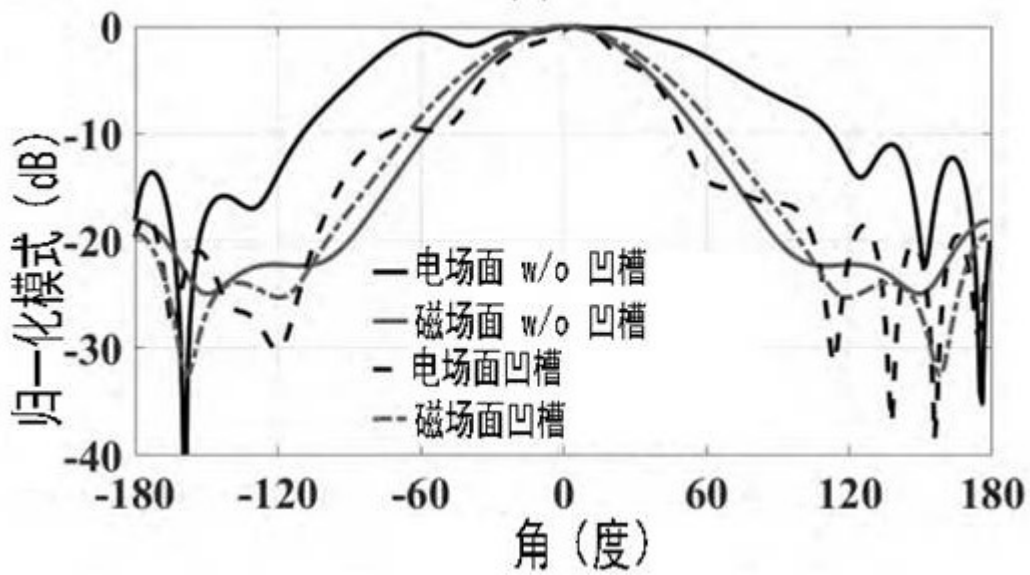


图10c

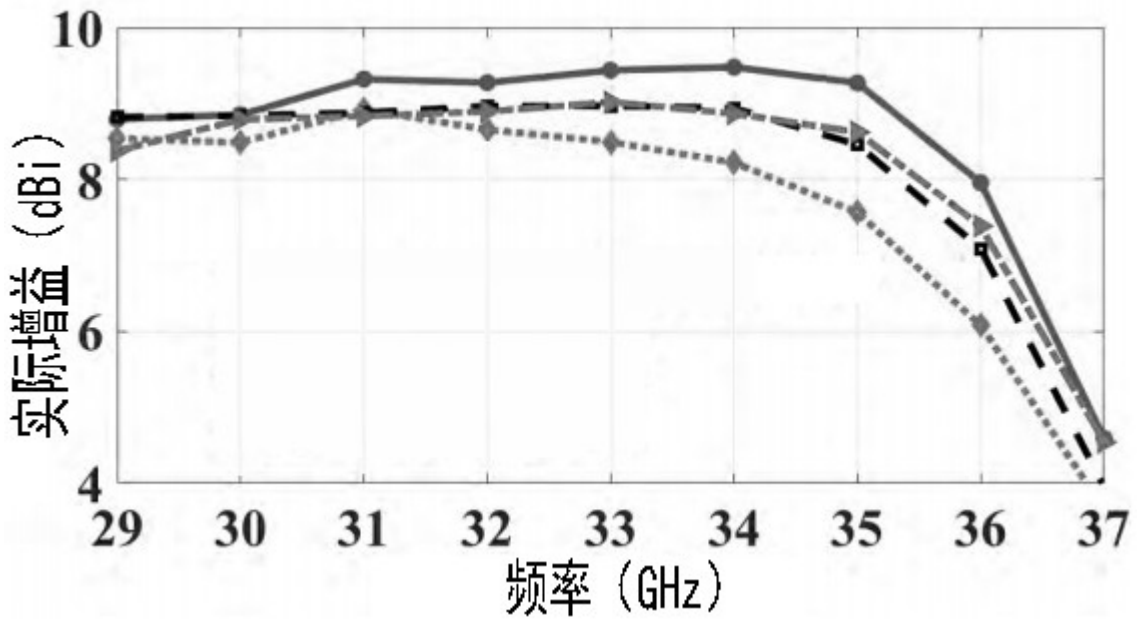


图11

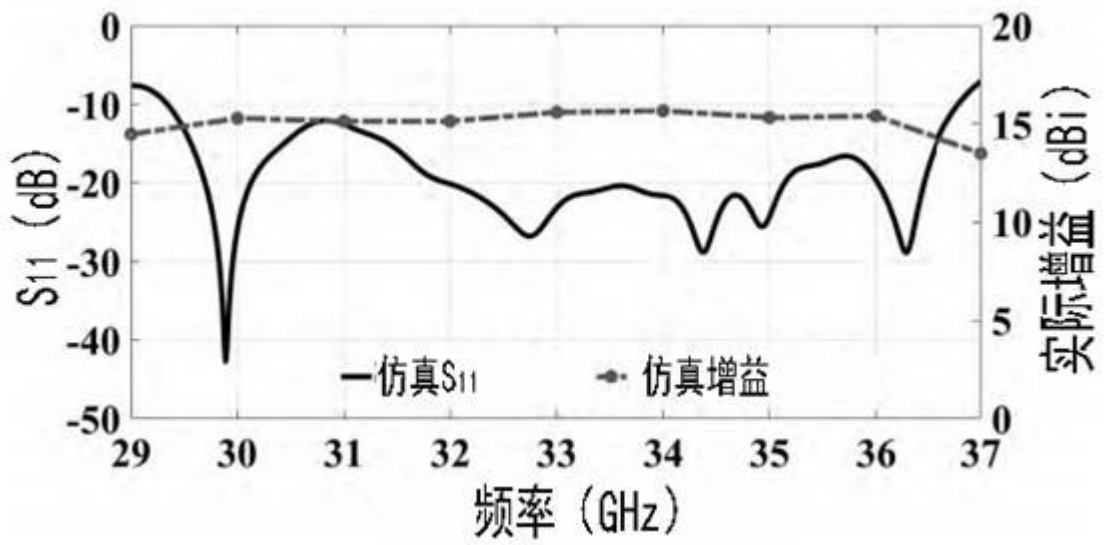


图12a

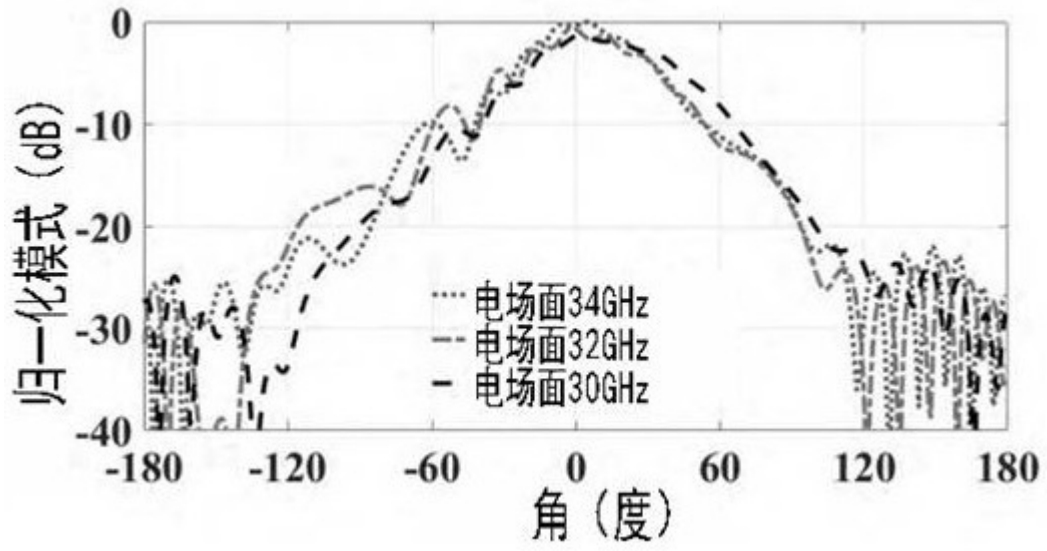


图12b

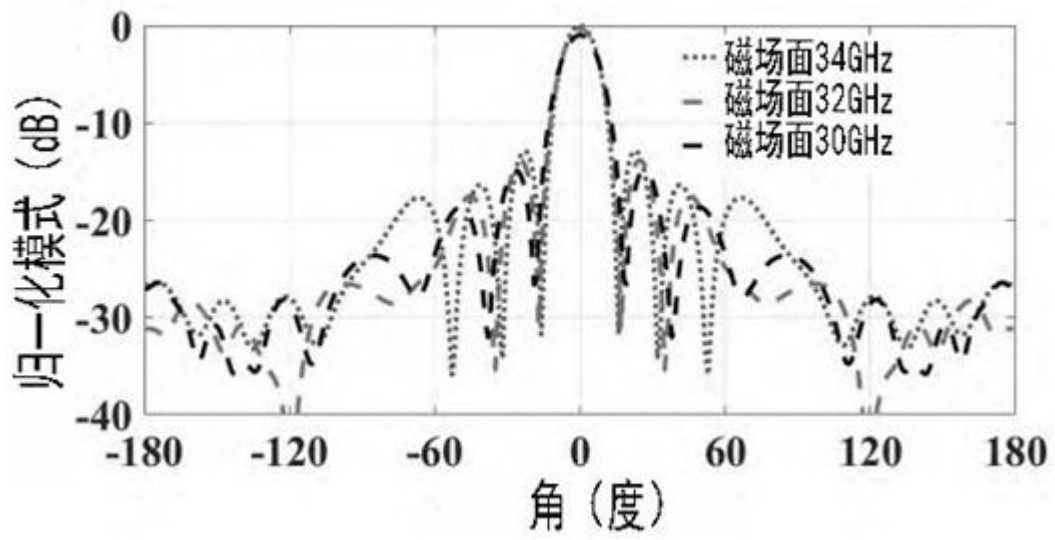


图12c

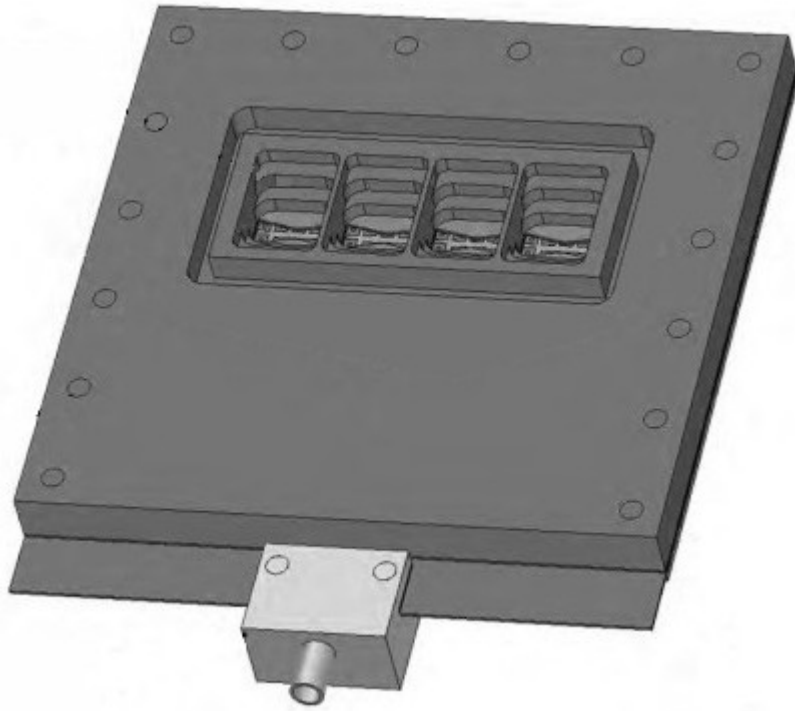


图13a

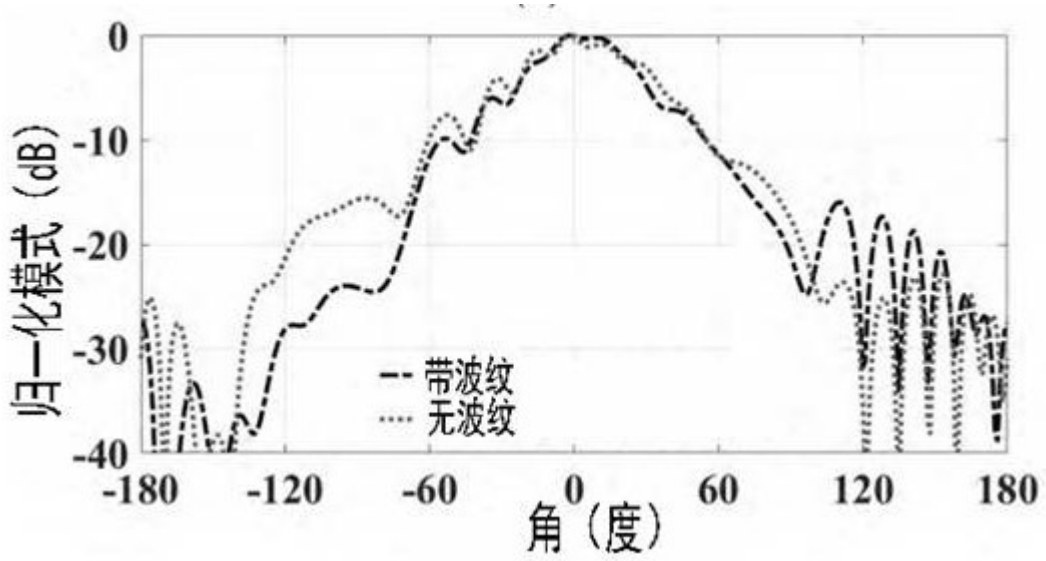


图13b

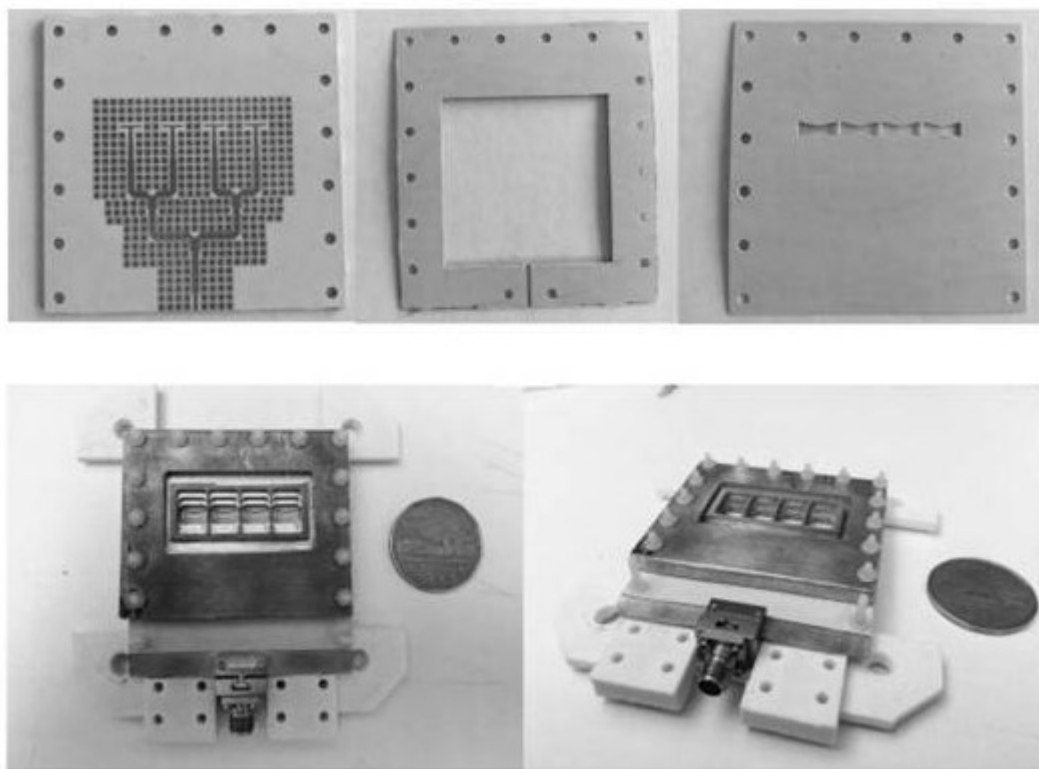
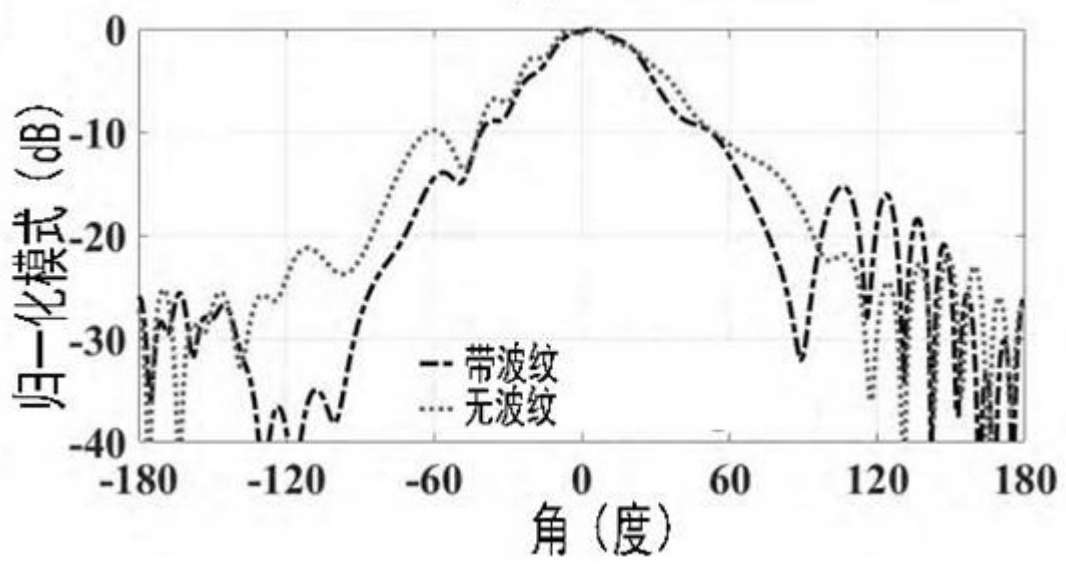


图14

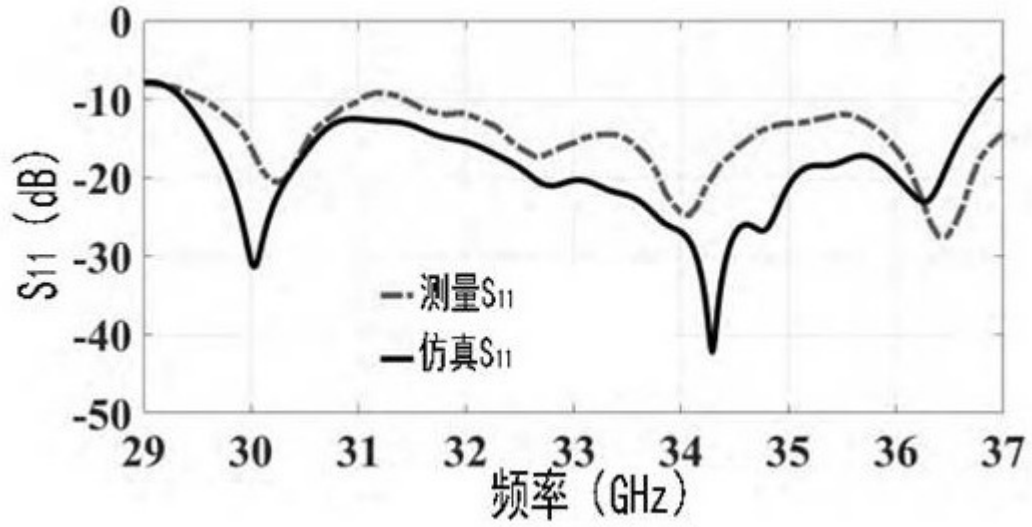


图15a

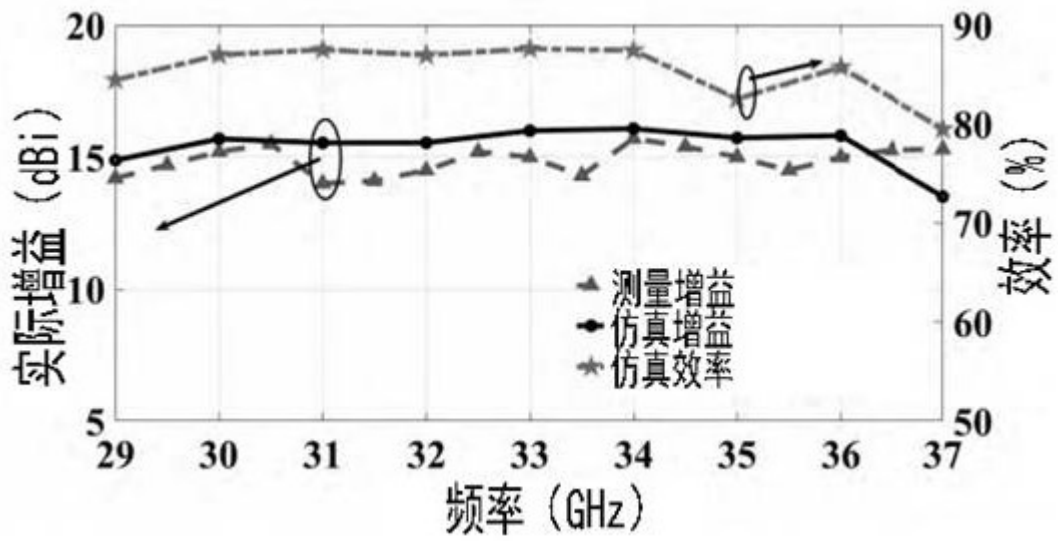


图15b

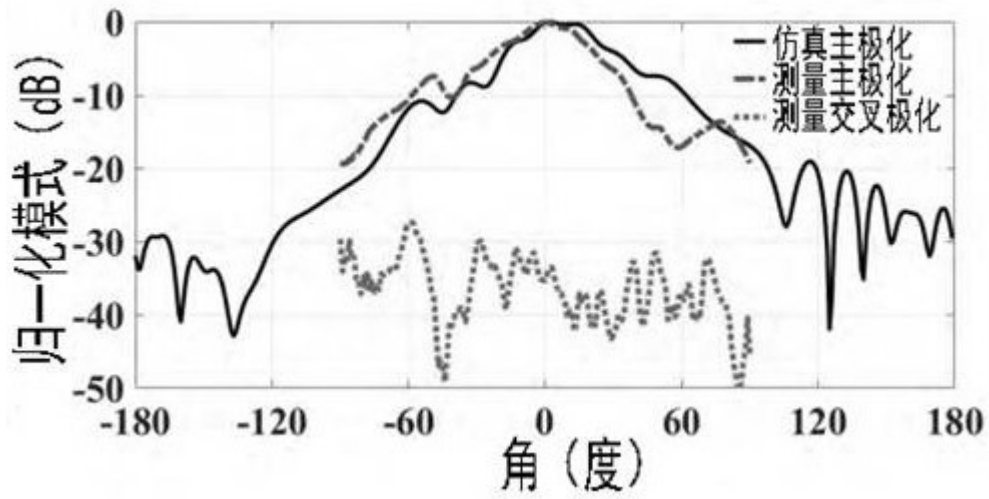


图16a

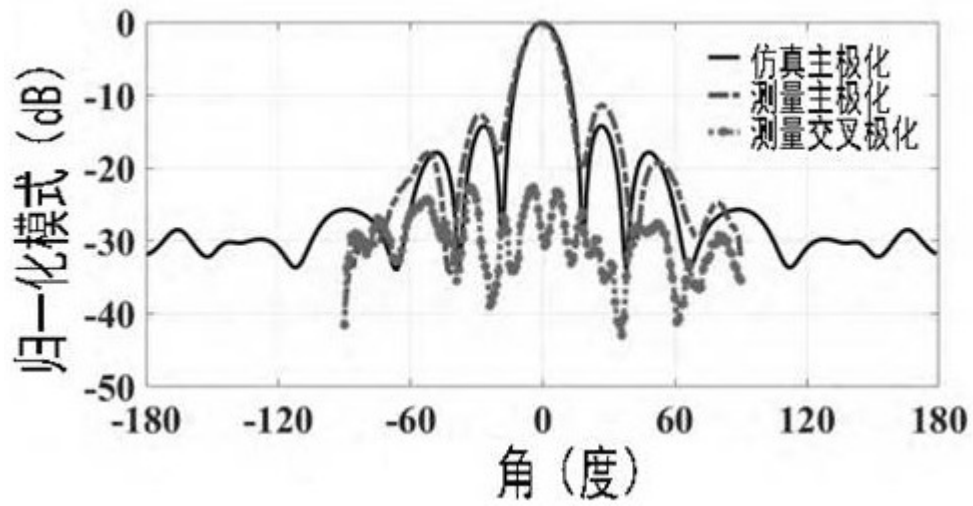


图16b

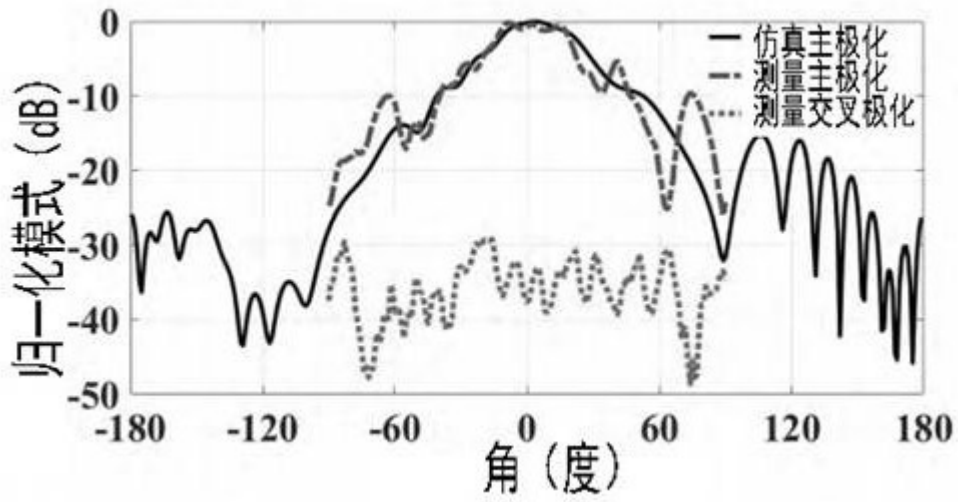


图16c

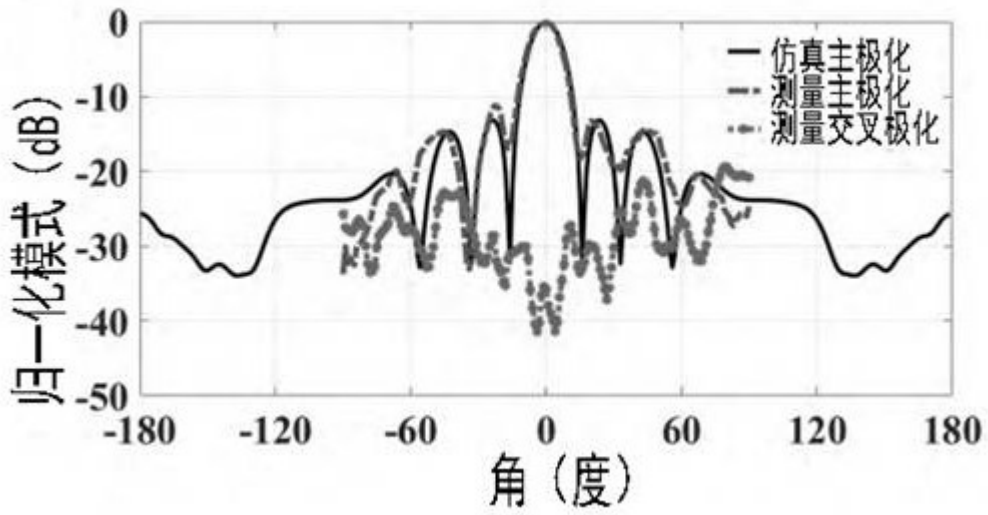


图16d