(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 120049189 A
(43)申请公布日 2025.05.27

(21)申请号 202510042766.4

(22)申请日 2025.01.10

(71)申请人 成都锦江电子系统工程有限公司
地址 610000 四川省成都市新都区新都元兴路968号

(72)发明人 于嘉嵬 邓伟 黄成远 李强 徐晓天 任平 张伟 田涛 郭斌 雷彬

(74)专利代理机构 成都立新致创知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 51277
专利代理师 封丽莉

(51)Int.Cl.
H01Q 1/52(2006.01)
H01Q 1/50(2006.01)
H01Q 23/00(2006.01)
H01Q 3/30(2006.01)
H01Q 1/38(2006.01)
H01Q 9/04(2006.01)
H01Q 21/06(2006.01)

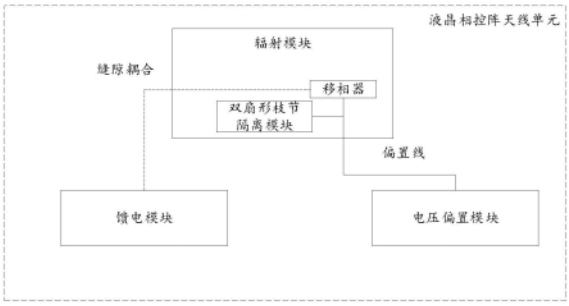
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

液晶相控阵天线单元及阵列

(57)摘要

本申请公开了一种液晶相控阵天线单元及阵列,涉及微波天线技术领域,公开的液晶相控阵天线单元,包括:液晶相控阵天线单元包括馈电模块、与馈电模块连接的辐射模块和与辐射模块连接的电压偏置模块;其中,馈电模块与辐射模块的移相器耦合连接。电压偏置模块通过偏置线与移相器连接,偏置线与移相器之间还设置有双扇形枝节隔离模块。双扇形枝节隔离模块用于隔离馈电模块传输的射频信号和电压偏置模块传输的电压偏置信号。本申请利用双扇形枝节结构的隔离模块实现射频信号的隔离,其相较于射频隔离线,具有更高的带宽,使得在较宽频段内具有良好的射频隔离效果。



CN 120049189 A

1.一种液晶相控阵天线单元,其特征在于,所述液晶相控阵天线单元包括馈电模块、与所述馈电模块连接的辐射模块和与所述辐射模块连接的电压偏置模块;其中,

所述馈电模块与所述辐射模块的移相器耦合连接;所述电压偏置模块通过偏置线与所述移相器连接,所述偏置线与所述移相器之间还设置有双扇形枝节隔离模块;

所述双扇形枝节隔离模块用于隔离所述馈电模块传输的射频信号和所述电压偏置模块传输的电压偏置信号。

2.如权利要求1所述的液晶相控阵天线单元,其特征在于,所述双扇形枝节隔离模块设置在距离所述移相器和所述偏置线连接点的四分之一波导波长λ处;

所述双扇形枝节隔离模块包括对称设置的两个扇形枝节;所述扇形枝节的圆心角角度为38°。

3.如权利要求1所述的液晶相控阵天线单元,其特征在于,所述移相器、所述双扇形枝节隔离模块和所述偏置线设置在所述辐射模块的移相层,所述移相层上方从上至下依次设置有第一介质基板、接地板和液晶层,所述第一介质基板的上表面还设置有辐射贴片;所述移相层下方设置有第二介质基板;其中,所述液晶层和所述接地板的中心均设置有耦合缝隙;

所述移相层用于将所述射频信号移相后,通过所述耦合缝隙将所述射频信号耦合至所述辐射贴片。

4.如权利要求3所述的液晶相控阵天线单元,其特征在于,所述辐射贴片为正方形金属片;所述辐射贴片中的一对对角被切角处理;

所述辐射贴片用于所述射频信号的圆极化辐射。

5.如权利要求3所述的液晶相控阵天线单元,其特征在于,所述第一介质基板和所述第二介质基板均为玻璃基板;所述第一介质基板和所述第二介质基板的厚度均为0.7毫米、相对介电常数均为5.15。

6.如权利要求3所述的液晶相控阵天线单元,其特征在于,所述液晶层的厚度为0.05毫米,所述液晶层的相对介电常数的调节范围在2.45至3.5之间。

7.如权利要求6所述的液晶相控阵天线单元,其特征在于,所述液晶层通过所述电压偏置信号调节所述相对介电常数。

8.如权利要求3所述的液晶相控阵天线单元,其特征在于,所述液晶相控阵天线单元还包括反射地板,所述反射地板设置在所述第二介质基板的下方;

所述反射地板用于反射所述射频信号的后向能量。

9.如权利要求3所述的液晶相控阵天线单元,其特征在于,所述接地板以及所述辐射贴片的厚度均为0.003毫米。

10.一种液晶相控阵天线阵列,其特征在于,所述液晶相控阵天线阵列由如权利要求1-9任一项所述的液晶相控阵天线单元组成。

液晶相控阵天线单元及阵列

技术领域

[0001] 本申请涉及微波天线技术领域,尤其涉及液晶相控阵天线单元及阵列。

背景技术

[0002] 随着信息技术的飞速发展,无线通信系统需要具备大容量、多功能以及超宽带等特性,而基于液晶材料的相控阵天线在将来的波束扫描领域具有较大应用前景。目前,基于液晶材料的相控阵天线主要通过偏置线对天线单元加电,对于小尺寸液晶相控阵天线而言,天线单元上的偏置线会较大程度上影响天线单元的性能,从而影响整体天线阵列。

[0003] 相关技术中,通常采用射频隔离线以消除偏置线对天线单元性能的影响,即减小偏置线上的射频信号,然而射频隔离线本身是一个窄带结构,其性能随受射频信号频率的影响较大,导致射频隔离线的隔离效果并不稳定。

发明内容

[0004] 本申请的主要目的在于提供一种液晶相控阵天线单元及阵列,旨在解决相关技术中射频隔离线的隔离效果并不稳定的的技术问题。

[0005] 为实现上述目的,本申请提出一种液晶相控阵天线单元,其特征在于,液晶相控阵天线单元包括馈电模块、与馈电模块连接的辐射模块和与辐射模块连接的电压偏置模块;其中,

[0006] 馈电模块与辐射模块的移相器耦合连接;电压偏置模块通过偏置线与移相器连接,偏置线与移相器之间还设置有双扇形枝节隔离模块;

[0007] 双扇形枝节隔离模块用于隔离馈电模块传输的射频信号和电压偏置模块传输的电压偏置信号。

[0008] 在一实施例中,双扇形枝节隔离模块设置在距离移相器和偏置线连接点的四分之一波导波长λ处;

[0009] 双扇形枝节隔离模块包括对称设置的两个扇形枝节;扇形枝节的圆心角角度为38°。

[0010] 在一实施例中,移相器、双扇形枝节隔离模块和偏置线设置在辐射模块的移相层,移相层上方从上至下依次设置有第一介质基板、接地板和液晶层,第一介质基板的上表面还设置有辐射贴片;移相层下方设置有第二介质基板;其中,液晶层和接地板的中心均设置有耦合缝隙;

[0011] 移相层用于将射频信号移相后,通过耦合缝隙将射频信号耦合至辐射贴片。

[0012] 在一实施例中,辐射贴片为正方形金属片;辐射贴片中的一对对角被切角处理;

[0013] 辐射贴片用于射频信号的圆极化辐射。

[0014] 在一实施例中,第一介质基板和第二介质基板均为玻璃基板;第一介质基板和第二介质基板的厚度均为0.7毫米、相对介电常数均为5.15。

[0015] 在一实施例中,液晶层的厚度为0.05毫米,液晶层的相对介电常数的调节范围在

2.45至3.5之间。

[0016] 在一实施例中,液晶层通过电压偏置信号调节相对介电常数。

[0017] 在一实施例中,液晶相控阵天线单元还包括反射地板,反射地板设置在第二介质基板的下方;

[0018] 反射地板用于反射射频信号的后向能量。

[0019] 在一实施例中,接地板以及辐射贴片的厚度均为0.003毫米。

[0020] 为实现上述目的,本申请还提供一种液晶相控阵天线阵列,液晶相控阵天线阵列由如权利要求1-9任一项的液晶相控阵天线单元组成。

[0021] 本申请提出的一个或多个技术方案,至少具有以下技术效果:

[0022] 本申请提供的液晶相控阵天线单元及阵列,通过引入双扇形枝节隔离模块,有效隔离了馈电模块传输的射频信号和电压偏置模块传输的电压偏置信号,从而显著提高了射频信号的隔离稳定性。相比于传统窄带射频隔离线,本申请的双扇形枝节隔离模块具有更宽的工作带宽和更稳定的隔离效果,能够有效降低偏置线对天线单元性能的影响。

附图说明

[0023] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本申请的实施例,并与说明书一起用于解释本申请的原理。

[0024] 为了更清楚地说明本申请实施例或相关技术中的技术方案,下面将对实施例或相关技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,对于本领域普通技术人员而言,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。

[0025] 图1为本申请液晶相控阵天线单元第一实施例的模块连接示意图。

[0026] 图2(a)为第一实施例中液晶相控阵天线单元的辐射模块一具体实施方式的结构示意图,图2(b)为辐射模块的移相层细节图。

[0027] 图3(a)为第一实施例中18GHz到20GHz的射频隔离线辐射增益曲线图,图3(b)为双扇形枝节辐射增益曲线图。

[0028] 图4为第一实施例中液晶层相对介电常数为2.45和介电常数3.5时的辐射增益变化图。

[0029] 图5为辐射模块在19GHz处的辐射特性曲线图。

[0030] 附图标号说明:

[0031] 1辐射贴片,2第一介质基板,3接地板,4液晶层,5移相器,6偏置线,7双扇形枝节隔离模块,8第二介质基板,9空气层,10反射地板。

[0032] 本申请目的实现、功能特点及优点将结合实施例,参照附图做进一步说明。

具体实施方式

[0033] 应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本申请的技术方案,并不用于限定本申请。

[0034] 为了更好的理解本申请的技术方案,下面将结合说明书附图以及具体的实施方式进行详细的说明。

[0035] 随着毫米波天线技术的发展,小型化阵列天线也逐渐进入人们的视野,毫米波天

线波束较窄,方向性好,毫米波阵列天线通过多个天线单元的干涉和叠加效应,可以形成具有指向性的波束,实现精确的定位和通信。

[0036] 液晶作为无源介质,密度小、质量轻,同时具备较大的功率容量与连续良好的调谐性。基于液晶材料的相控阵天线在将来的波束扫描领域具有较大应用前景。

[0037] 目前,基于液晶材料的相控阵天线主要由偏置线对天线单元加电,对于小尺寸液晶相控阵天线而言,单元上偏置线会较大程度上影响天线单元的性能,从而影响整体阵列天线。

[0038] 相关技术为消除偏置线对液晶相控阵天线单元性能的影响,常采用射频隔离线,由于射频隔离线是一个窄带结构,其性能随频率变化较大,导致射频隔离线的隔离效果并不稳定。

[0039] 本申请提供一种解决方案,利用双扇形枝节结构的隔离模块实现射频信号的隔离,其相较于相关技术中的射频隔离线,具有更高的带宽,使得在较宽频段内具有良好的射频隔离效果,进而确保了天线单元在较宽频带内的增益稳定性。

[0040] 基于此,本申请实施例提供了一种液晶相控阵天线单元,参照图1,图1为本申请液晶相控阵天线单元第一实施例的模块连接示意图。

[0041] 本实施例中,液晶相控阵天线单元包括馈电模块、与馈电模块连接的辐射模块和与辐射模块连接的电压偏置模块;其中,

[0042] 馈电模块与辐射模块的移相器耦合连接;电压偏置模块通过偏置线与移相器连接,偏置线与移相器之间还设置有双扇形枝节隔离模块;

[0043] 双扇形枝节隔离模块用于隔离馈电模块传输的射频信号和电压偏置模块传输的电压偏置信号。

[0044] 需要说明的是,馈电模块用于为辐射模块提供射频信号。辐射模块用于将射频信号对外辐射。电压偏置模块通过偏置线与辐射模块的移相器连接,为辐射模块的移相器提供电压偏置信号,使得移相器通过电压偏置信号来调节射频信号的相位。

[0045] 另外需要说明的是,双扇形枝节隔离模块用于隔离馈电模块传输的射频信号和电压偏置模块传输的电压偏置信号以防止射频信号和电压偏置信号相互干扰,保证射频信号的完整性和电压偏置信号的准确性。可以理解的是,若射频信号流入到偏置线,偏置线就会形成很大的电感,引起射频阻抗失配,使得辐射模块的辐射效率降低,本实施例通过双扇形枝节隔离模块实现射频信号的隔离,以确保辐射模块的辐射质量,同时,相较于传统的射频隔离线,双扇形枝节结构具有更宽的带宽,进而确保辐射模块在较宽频带内的增益稳定性。

[0046] 进一步的,参照图2,图2为本实施例中液晶相控阵天线单元的辐射模块一具体实施方式的结构示意图。

[0047] 在本实施方式中,移相器5、双扇形枝节隔离模块7和偏置线6设置在辐射模块的移相层,移相层上方从上至下依次设置有第一介质基板2、接地板3和液晶层4,第一介质基板2的上表面还设置有辐射贴片1;移相层下方设置有第二介质基板8;其中,液晶层4和接地板3的中心均设置有耦合缝隙。

[0048] 其中,移相层用于将射频信号移相后,通过耦合缝隙将射频信号耦合至辐射贴片1。

[0049] 双扇形枝节隔离模块包括对称设置的两个扇形枝节,扇形枝节的圆心角角度为

38°。

[0050] 辐射贴片1为正方形金属片,辐射贴片中的一对对角被切角处理,辐射贴片用于射频信号的圆极化辐射。

[0051] 第一介质基板和第二介质基板均为玻璃基板,第一介质基板和第二介质基板的厚度均为0.7毫米、相对介电常数均为5.15。

[0052] 液晶层的厚度为0.05毫米,液晶层的相对介电常数的调节范围在2.45至3.5之间。液晶层通过电压偏置信号调节相对介电常数。

[0053] 液晶相控阵天线单元还包括反射地板,反射地板设置在第二介质基板的下方,反射地板用于反射射频信号的后向能量。接地板以及辐射贴片的厚度均为0.003毫米。

[0054] 具体来说,如图2(a)所示,液晶相控阵天线单元的辐射模块从上至下依次设置有第一介质基板2、接地板3、液晶层4、移相器5、偏置线6、双扇形枝节隔离模块7、第二介质基板8和反射地板10,其中,第一介质基板2的上表面设置有辐射贴片1,第二介质基板8与反射地板10之间填充空气层9。

[0055] 其中,接地板3和液晶层4的中心均设置有耦合缝隙,馈电模块首先将射频信号耦合到与移相器5连接的微带线上,通过耦合缝隙直接对移相器进行加电可以使得整体天线更为紧凑,从而降低天线剖面。

[0056] 移相器5再将射频信号通过接地板3和液晶层4的耦合缝隙耦合至辐射贴片1,以实现射频信号的辐射。

[0057] 如图2(b)所示,移相层设置有相互连接的移相器5和偏置线6,且在距离移相器5和偏置线6连接点的1/4波导波长λ处设置有双扇形枝节隔离模块7。

[0058] 双扇形枝节隔离模块7包括对称设置的两个扇形枝节,单个扇形枝节的圆心角角度为38°,半径为0.78mm,其设置在距离移相器与偏置线连接点的1/4λ处,当射频信号传递到双扇形枝节处时,双扇形枝节等效为一个带阻滤波器,在一定频段阻挡射频信号传递,从而实现射频直流的隔离。进而确保了辐射模块的辐射效果,具体如图3所示,图3示出了18GHz到20GHz的射频信号的辐射增益曲线(横坐标为频率f,纵坐标为实际增益rea l i zed gian),其中,图3(a)为18GHz到20GHz的射频隔离线辐射增益曲线图,图3(b)为双扇形枝节辐射增益曲线图。

[0059] 可以看出在介电常数变化范围内,相较于射频隔离线,添加双扇形枝节的辐射增益在该频段内可以保持稳定。

[0060] 液晶层的介电常数由电压偏置信号控制,具体来说,液晶层4经配向处理,在未施加电压偏置信号时,液晶分子指向一致,当在移相器5上施加偏置电压时,液晶分子发生偏转,液晶材料的介电常数发生变化,对应液晶单元的谐振频率发生改变,从而实现辐射特性的调节。液晶层4下方采用了长微带移相器,并直接通过偏置线对移相器添加电压偏置信号,从而改变液晶层的介电常数。经过验证,在本实施方式中,采用相对介电常数调节范围为2.45～3.5的液晶层,当液晶层的相对介电常数在2.45～3.5时,可以实现360°的相位调制范围。

[0061] 参照图4,图4(横坐标为相位调制角度,纵坐标为实际增益)示出了液晶相控阵天线单元在对19GHZ的射频信号辐射时,液晶层相对介电常数为2.45和介电常数3.5时的辐射增益变化图。

[0062] 在19GHz时相对介电常数为2.45与介电常数为3.5时的最大增益仅相差0.3dB,这表示双扇形枝节隔离模块具备良好的射频信号隔离效果,不会因介电常数的改变使得辐射增益发生太大的变化。

[0063] 辐射贴片1的形状为正方形,尺寸为0.2λ,贴片的其中一对对角进行了切角,切角尺寸为0.0038λ,该设计实现了射频信号的圆极化辐射。

[0064] 为提高天线增益及减小天线后向辐射,在第二介质基板8后方距离1mm处添加了反射地板10用于反射后向能量。

[0065] 在本实施方式中,液晶层4厚度为0.05mm、第一玻璃基板2和第二玻璃基板8均采用玻璃基板,相对介电常数为5.15,厚度为0.7mm,上层贴片1以及微带线的厚度均为0.003mm。所有结构组合而成的辐射模块厚度仅为9.5mm。

[0066] 可以理解的,本实例中馈电结构采用缝隙耦合馈电,首先将射频信号耦合到移相器5上,经过移相器5移相后,再通过缝隙耦合到上层贴片1进行辐射。通过对移相器5添加电压,从而独立控制液晶层介电常数。

[0067] 如图5所示,对本实施例的辐射模块在19GHz处的辐射特性进行了测试,其反射系数S11在18GHz到20GHz情况下的匹配,在不同介电常数下,基本都低于-10dB,匹配良好,可以保证单元组阵后调节相位时均有良好的匹配效果。

[0068] 本实施所述天线采用液晶作为介质基板,相较于目前普遍阵列天线单元采用的电子调谐器件,液晶具备连续可调的特性,使得组成阵列天线具备更精准的连续扫描特性。同时与其余相变材料如石墨烯、二氧化钒等相比,液晶制备更为便捷,且液晶基板的相对介电常数与电压之间变化规律稳定。

[0069] 进一步的本申请第二实施例提供一种液晶相控阵天线阵列,液晶相控阵天线阵列由上述的液晶相控阵天线单元组成。

[0070] 在本实施例中,液晶相控阵天线阵列的控制电路根据反射阵相位补偿原理和需要的天线波束方位角计算出对应液晶相控阵天线单元所需的偏移相位及对应的偏置电压值,通过各液晶相控阵天线单元的电压偏置模块为各单元施加偏置电压。

[0071] 基于液晶材料的平面阵列天线单元可切换状态多,相位精度高,能提升组成阵列天线角度扫描准确性及范围。

[0072] 以上所述仅为本申请的部分实施例,并非因此限制本申请的专利范围,凡是在本申请的技术构思下,利用本申请说明书及附图内容所作的等效结构变换,或直接/间接运用在其他相关的技术领域均包括在本申请的专利保护范围内。

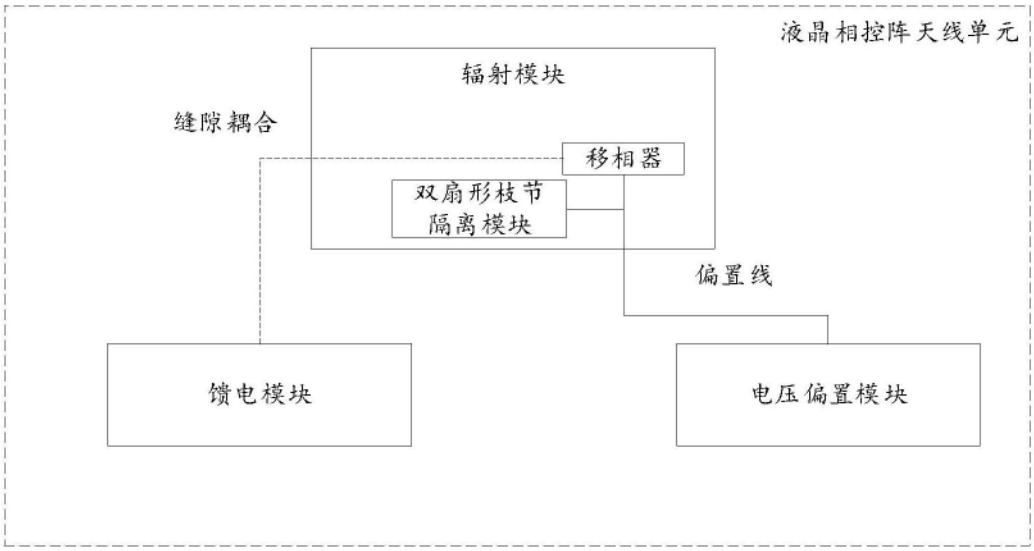

液晶相控阵天线单元
辐射模块
缝隙耦合
移相器
双扇形枝节
隔离模块
偏置线
馈电模块
电压偏置模块

图1

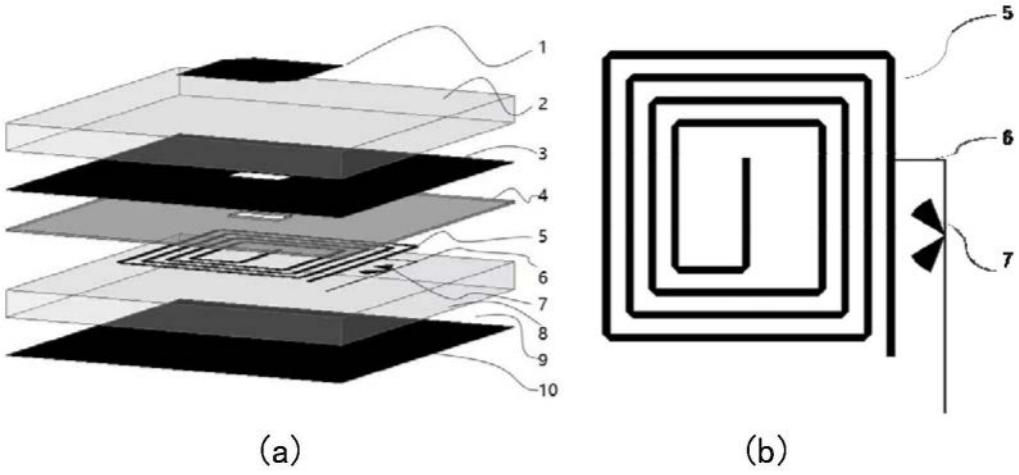

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
5
6
7
(a)
(b)

图2

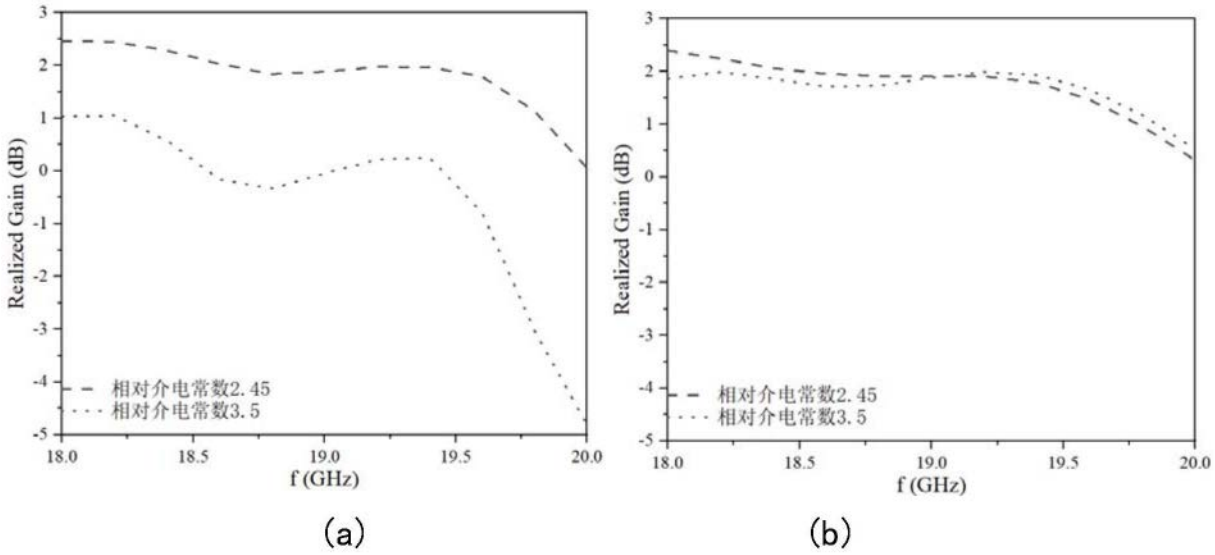

Realized Gain (dB)
f (GHz)
相对介电常数2.45
相对介电常数3.5
(a)
(b)

图3

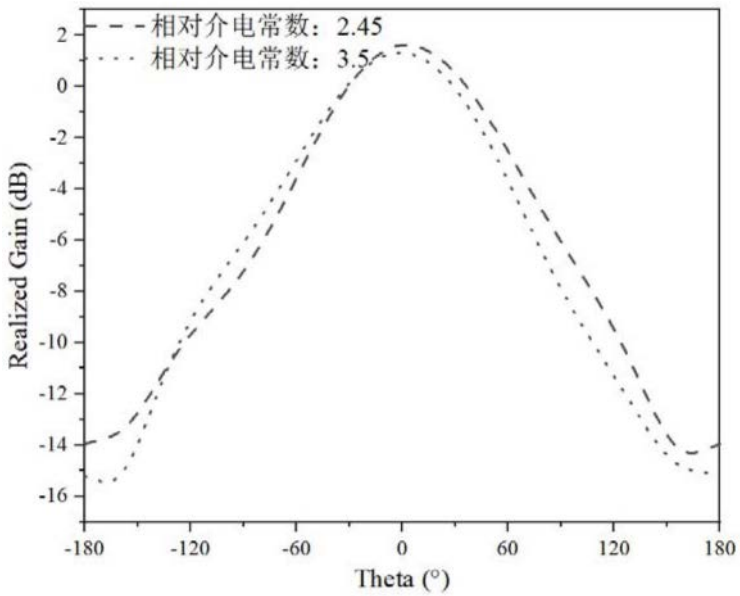

相对介电常数：2.45
相对介电常数：3.5
Realized Gain (dB)
Theta (°)

图4

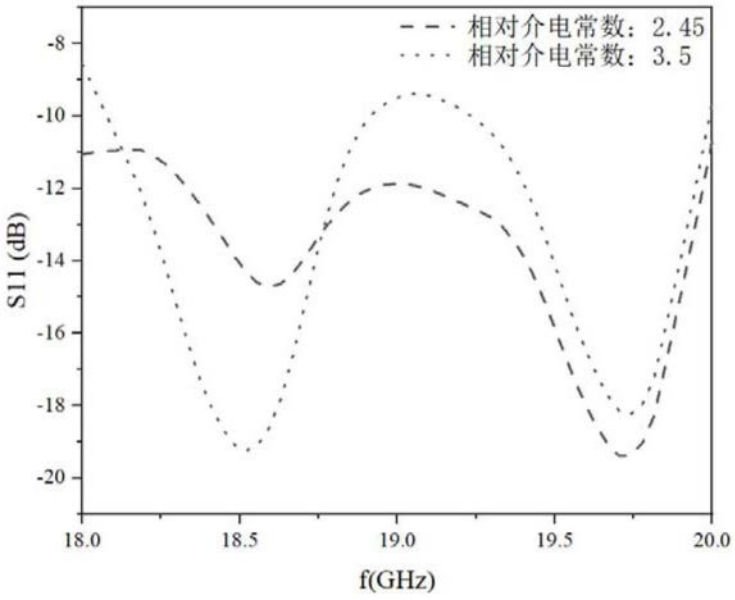

相对介电常数：2.45
相对介电常数：3.5
S11 (dB)
-8
-10
-12
-14
-16
-18
-20
18.0
18.5
19.0
19.5
20.0
f(GHz)

图5