(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111326856 B
(45)授权公告日 2022.07.26

(21)申请号 202010113683.7

(22)申请日 2020.02.24

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111326856 A

(43)申请公布日 2020.06.23

(73)专利权人 华南理工大学
地址 510640 广东省广州市天河区五山路381号

(72)发明人 柯李顺 廖绍伟 薛泉

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102
专利代理师 何淑珍 冯振宁

(51)Int.Cl.
H01Q 1/38(2006.01)
H01Q 1/50(2006.01)
H01Q 5/10(2015.01)
H01Q 5/307(2015.01)
H01Q 15/14(2006.01)

(56)对比文件
CN 108923129 A,2018.11.30
CN 209544599 U,2019.10.25
US 2018183148 A1,2018.06.28
JP 2009182948 A,2009.08.13
Marc Esquius-Morote等.A Printed Transition for Matching Improvement of SIW Horn Antennas.《IEEE Transactions on Antennas and Propagation》.IEEE,2012,第61卷(第4期),1923-1930.

审查员 李睿

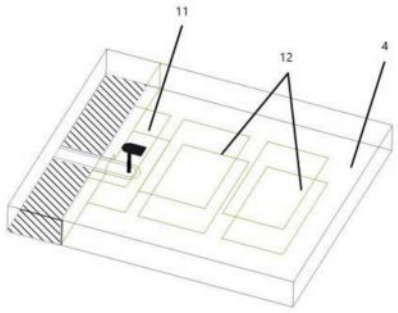
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线

(57)摘要

本发明公开了一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线。所述天线包括驱动部分、贴片加载部分和介质块;驱动部分包括准PIFA天线、短路面、L型探针和CPW传输线,贴片加载部分包括两组加载贴片;驱动部分与加载贴片、加载贴片与加载贴片之间间隔一定距离,馈电激励驱动部分,再通过耦合的方式激励加载贴片;驱动部分和贴片加载部分均建立在介质块上;所述驱动部分用于产生一个谐振点;所述贴片加载部分用于产生额外的谐振点来拓展带宽,同时,两组加载贴片起到引向器的作用从而增加增益。本发明的剖面高低存在明显的优势。由于加载贴片的特殊属性,本发明在展宽了带宽的同时,其增益也能在一定程度上有提升。



CN 111326856 B

1.一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线,其特征在于,包括驱动部分、贴片加载部分和介质块;

其中,驱动部分包括准PIFA天线、短路面、L型探针和CPW传输线,贴片加载部分包括两组加载贴片;驱动部分与加载贴片、加载贴片与加载贴片之间间隔一定距离,馈电激励驱动部分,再通过耦合的方式激励加载贴片;短路面在天线中用作准PIFA天线的短路墙,同时也作为整个天线的反射面,驱动部分和贴片加载部分均建立在介质块上;

驱动部分中,所述准PIFA天线的结构由下述方式得到:

将普通贴片天线中间加上短路面,此时方向图依旧保持朝垂直于地的方向,得到PIFA天线,将PIFA天线的地的尺寸缩减至与上层贴片一样大小,得到端射垂直极化的天线单元结构,即准PIFA结构;

所述驱动部分用于产生一个谐振点;所述贴片加载部分用于产生额外的谐振点来拓展带宽,同时,两组加载贴片起到引向器的作用从而增加增益。

2.根据权利要求1所述的一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线,其特征在于,准PIFA天线的上层贴片和地在端射方向上的长度为四分之一个波长。

3.根据权利要求1所述的一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线,其特征在于,驱动部分中,短路面宽度延伸至整个介质,其作为准PIFA天线的短路墙,同时,也用作整个天线的反射面。

4.根据权利要求1所述的一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线,其特征在于,驱动部分中,所述L型探针用于为驱动部分馈电,L型探针连接CPW传输线作为输入,其并不与贴片接触;L形探针消除普通探针的感性,使匹配更加容易;同时L型探针引入了一个谐振点,从而使带宽变宽;在调整L形探针的尺寸时,保持L形探针的总长度为四分之一波长,用于快速找到匹配点。

5.根据权利要求1所述的一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线,其特征在于,驱动部分中,所述CPW传输线作为天线的馈电结构,通过L形探针来激励起准PIFA天线中的谐振场;CPW传输线作为馈电结构,L形探针与CPW传输线接触;准PIFA天线的下贴片即准PIFA天线的地也作为CPW传输线,L形探针位于准PIFA天线内部但不与准PIFA天线接触。

6.根据权利要求1所述的一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线,其特征在于,贴片加载部分中,一组加载贴片包括上下两个大小相同的贴片,上下两个贴片分别位于介质块的表面,相互不连接;两组加载贴片之间不互相连接,电磁场通过耦合的方式进入另一组加载贴片,从而激励起另一组加载贴片内部的谐振场。

7.根据权利要求1所述的一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线,其特征在于,加载贴片在端射方向长度设置在二分之一个空间波长,上下两个贴片大小一致,通过调整加载贴片的另一个方向长度改善增益和匹配;调整加载贴片与驱动部分、加载贴片与加载贴片之间的间距改善天线的匹配。

8.根据权利要求1所述的一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线,其特征在于,介质块起到天线的支撑作用;所有天线结构都依附于介质块之上。

一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线

技术领域

[0001] 本发明涉及天线技术领域,具体涉及一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线。

背景技术

[0002] 当下的端射垂直极化天线主要采用H面喇叭、八木天线等形式来实现。

[0003] (1)H面喇叭方案:在低剖面的情况下,由于H面喇叭的辐射口径面与空间阻抗匹配困难,通常采用介质加载或者贴片加载的方式来改善带宽,也有的人通过在介质中打空气孔来实现一个阻抗从介质到空气的渐变过程。文章(Hao Wang, Da-Gang Fang, Bing Zhang, Wen-QuanChe, ″Dielectric Loaded Substrate Integrated Waveguide (SIW) H-Plane Horn Antennas,″ *IEEE Transactions on Antennas and Propagation,* vol. 58, no. 3, pp. 640-647, 2010.)中就提出了一种介质加载的天线,其尺寸为2.6*1.26*0.23λ0,在改善匹配的同时又提高增益特性。一种圆极化的天线(Cai Y, Zhang Y, Yang L, Qian Z. ″A low profile circularly polarized SIW end-fire antenna incorporating orthogonally polarized elements″. *Microwave and Optical Technology Letters*. 2017;59(5):1111-5.1),其中的端射垂直极化就是通过加载贴片来实现宽带宽的,在1*0.54*0.13λ0的体积下,达到了14.6%的带宽水平。

[0004] (2)八木天线方案:将八木天线垂直放置可实现端射垂直极化(Hong Yi Kim, Joong Ho Lee, In Sang Song, Chul Song Park, ″ Compact LTCC Yagi-Uda type End-fire Antenna-in-Package for 60 GHz Wireless Communications ″)。其体积为0.74*0.64*0.12λ0,带宽为17%,这种天线体积较小,可以用于芯片封装。

[0005] 然而,现有方案剖面高,导致在在封装等低剖面环境下实现困难。现有方案的带宽普遍较窄。例如要覆盖目前各国5G毫米波频段需要24.25-29.5GHz(约20%)带宽,现有方案很难满足。

[0006] 为了改善垂直口径面与自由空间的匹配,从而展宽带宽和提高增益,前人做了许多研究。通常的方法有以下几种:

[0007] (1)加载介质:这种方法的本质是增加与空气耦合的有效口径面积,从而改善匹配。

[0008] (2)对口径面附近的介质打上空气孔:这种方法的原理是逐渐降低介质的有效介电常数,从而实现口径面阻抗逐渐过渡到自由空间阻抗。

[0009] (3)加载贴片:这种方式与本发明提出的方式十分类似,都是加载贴片。但请注意,在本发明前加载的贴片其作用主要是引入了电容,从而在路的角度上改善了匹配。其贴片的尺寸选择与本发明也完全不同。

[0010] 上述的几种方法确实对改善匹配起到了一定的作用,但改善效果有限。且第二种方法的加工难度明显上升。下面介绍本发明的贴片加载原理。

发明内容

[0011] 本发明的目的在于给出一种实现小体积、超低剖面、端射垂直极化、阻抗带宽宽、单元增益高的端射垂直极化天线。因此，本发明提出一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线。

[0012] 本发明的目的至少通过如下技术方案实现。

[0013] 一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线，包括驱动部分、贴片加载部分和介质块；其中，驱动部分包括准PIFA天线、短路面、L型探针和CPW传输线，贴片加载部分包括两组加载贴片；驱动部分与加载贴片、加载贴片与加载贴片之间间隔一定距离，馈电激励驱动部分，再通过耦合的方式激励加载贴片；短路面在天线中用作准PIFA天线的短路墙，同时也作为整个天线的反射面，驱动部分和贴片加载部分均建立在介质块上；

[0014] 所述驱动部分用于产生一个谐振点；所述贴片加载部分用于产生额外的谐振点来拓展带宽，同时，两组加载贴片起到引向器的作用从而增加增益。

[0015] 进一步地，驱动部分中，所述准PIFA天线的结构由下述方式得到：

[0016] 将普通贴片天线中间加上短路面，此时方向图依旧保持朝垂直于地的方向，得到PIFA天线，PIFA天线和贴片天线的工作原理与性能几乎相同，且方向图为边射方向，只有一个谐振点。由于贴片天线横截面的中间电场为零，此时在中间加上一个短路墙则可以实现贴片天线的小型化。将PIFA天线的地的尺寸缩减至与上层贴片一样大小，此时的口径面场在远场区叠加只剩下垂直分量而水平分量相互抵消。且由于短路面的存在，方向图不再朝边射方向，而是朝端射方向。得到端射垂直极化的天线单元结构，即准PIFA结构；准PIFA结构的天线的工作原理与贴片天线十分类似，其谐振点也是由上层贴片(或地)的尺寸控制，上层贴片和地在端射方向上的长度为四分之一个波长；同喇叭天线一样，准PIFA结构的天线也面临着口径与自由空间的匹配问题，尤其在本发明的超低剖面情况下匹配更加难以满足，即天线工作带宽会十分有限。

[0017] 进一步地，驱动部分中，短路面宽度延伸至整个介质，其作为准PIFA天线的短路墙，同时，也用作整个天线的反射面。

[0018] 进一步地，驱动部分中，所述L型探针用于为驱动部分馈电，L型探针连接CPW传输线作为输入，其并不与贴片接触；L形探针可消除普通探针的感性，使匹配更加容易；同时L型探针引入了一个谐振点，从而使带宽变宽；在调整L形探针的尺寸时，可以保持L形探针的总长度为四分之一波长，用于快速找到匹配点。

[0019] 进一步地，驱动部分中，所述CPW传输线作为馈电结构，通过L形探针来激励起准PIFA天线中的谐振场；CPW传输线作为馈电结构，L形探针与CPW传输线接触；准PIFA天线的下贴片即准PIFA天线的地也作为CPW传输线，L形探针位于准PIFA天线内部但不与准PIFA天线接触。

[0020] 贴片加载部分中，一组加载贴片包括上下两个大小相同的贴片，上下两个贴片分别位于介质块的表面，相互不连接；两组加载贴片之间不互相连接，电磁场通过耦合的方式进入另一组加载贴片，从而激励起另一组加载贴片内部的谐振场。

[0021] 所述贴片加载部分旨在引入另外的谐振点。通过多个加载贴片，可持续展宽带宽。其工作原理如下：电场通过耦合的方式由驱动部分或加载贴片耦合入临近加载贴片。驱动部分和每组加载贴片都能产生一个谐振点，该谐振点由加载贴片沿天线辐射方向的长度决

定。通过调整几个谐振点的位置，使其能够均匀分布在预期带宽内，则可以实现一个宽带的效果。如果预期带宽过宽，则可以增加加载贴片来拓宽带宽。另外，加载贴片的横向长度，即与天线辐射方向垂直的长度，可以影响加载贴片的阻抗的电阻部分，通过调整该长度与辐射方向的长度，可改善输入端口的匹配。通过观察电场贴片的电场分布图可以看出，在低频时只有驱动部分工作，而后随着频率的上升，贴片加载部分的两组加载贴片也陆续谐振参与辐射。

[0022] 除了增加了天线的带宽外，加载贴片相对于驱动部分来说可以看作是引向器，增大辐射口径，原理类似于八木天线，随着频率上升，参与工作的加载贴片数量也变多，即引向器数量上升，也就带来了增益的逐渐上升。

[0023] 进一步地，加载贴片在端射方向长度设置在二分之一个空间波长，上下两个贴片大小一致，通过调整加载贴片的另一个方向长度改善增益和匹配；调整加载贴片与驱动部分、加载贴片与加载贴片之间的间距改善天线的匹配。

[0024] 进一步地，介质块起到天线的支撑作用。所有天线结构都依附于介质块之上。

[0025] 与现有技术相比，本发明的优点在于：

[0026] 首先，在现有的研究方案中，本发明的剖面高低存在明显的优势。一般来说，剖面越低、介质介电常数越高，则带宽越难展宽。而在本发明中，在5.9的介电常数、剖面厚度仅有0.08λ0不到的情况下，能实现天线20%左右的带宽(可覆盖整个5G毫米波带宽)。其次，由于加载贴片的特殊属性，在展宽了带宽的同时，其增益也能在一定程度上有提升。这样就使增加的加载贴片有了双重作用，产生了复用的效果。最后，在保证了天线性能的情况下，本发明的体积也具有明显优势。可以说，本发明解决了在小体积内实现宽带宽的矛盾。

附图说明

[0027] 图1 为本发明一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线整体结构示意图；

[0028] 图2 本发明实施例中驱动结构演变过程示意图；

[0029] 图3 本发明实施例中天线演化过程示意图；

[0030] 图4 本发明实施例中天线在不同频率的上层贴片电场分布图；

[0031] 图5 本发明实施例中一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线三维图；

[0032] 图6 本发明实施例中一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线俯视图和侧视图；

[0033] 图7本发明实施例中一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线的S参数图；

[0034] 图8本发明实施例中一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线的端射方向增益图；

[0035] 图9a本发明实施例中一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线的H面方向图；

[0036] 图9b本发明实施例中一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线的E面方向图；

[0037] 图1中的附图标记说明如下：包括驱动部分11、贴片加载部分12和介质块4；

[0038] 图5中的附图标记说明如下：包括CPW传输线1、准PIFA天线2、加载贴片3、介质块4、L形探针5、短路面6、地7。

具体实施方式

[0039] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，下面结合附图并举实施例，对本发明的具体实施进行详细说明。

[0040] 实施例：

[0041] 一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线，如图1所示，包括驱动部分11、贴片加载部分12和介质块4；其中，驱动部分11包括准PIFA天线2、短路面6、L型探针和CPW传输线1，贴片加载部分12包括两组加载的贴片；驱动部分11与加载贴片3、加载贴片3与加载贴片3之间间隔一定距离，馈电激励驱动部分11，再通过耦合的方式激励加载的贴片；短路面6在天线中用作准PIFA天线2的短路墙，同时也作为整个天线的反射面，驱动部分11和贴片加载部分12均建立在介质块4上；

[0042] 所述驱动部分11用于产生一个谐振点；所述贴片加载部分12用于产生额外的谐振点来拓展带宽，同时，两组加载的贴片起到引向器的作用从而增加增益。

[0043] 如图2所示，驱动部分11中，所述准PIFA天线2的结构由下述方式得到：

[0044] 传统的贴片天线如图2a所示，只有一个谐振点，两个辐射口径向上辐射实现边射效果，将普通贴片天线中间加上短路面6，此时方向图依旧保持朝垂直于地的方向，得到PIFA天线，如图2b所示， PIFA天线和贴片天线的工作原理与性能几乎相同，且方向图为边射方向，只有一个谐振点。由于贴片天线横截面的中间电场为零，此时在中间加上一个短路墙则可以实现贴片天线的小型化。将PIFA天线的地的尺寸缩减至与上层贴片一样大小，如图2c所示，此时的口径面场在远场区叠加只剩下垂直分量而水平分量相互抵消。且由于短路面6的存在，方向图不再朝边射方向，而是朝端射方向。得到端射垂直极化的天线单元结构，即准PIFA结构；准PIFA结构的天线的工作原理与贴片天线十分类似，其谐振点也是由上层贴片(或地)的尺寸控制，上层贴片和地在端射方向的长度为四分之一个波长；同喇叭天线一样，准PIFA结构的天线也面临着口径与自由空间的匹配问题，尤其在本发明的超低剖面情况下匹配更加难以满足，即天线工作带宽会十分有限。

[0045] 驱动部分11中，短路面6宽度延伸至整个介质，其作为准PIFA天线2的短路墙，同时，也用作整个天线的反射面。

[0046] 驱动部分11中，所述L型探针用于为驱动部分11馈电，L型探针连接CPW传输线1作为输入，其并不与贴片接触；L形探针5可消除普通探针的感性，使匹配更加容易；同时L型探针引入了一个谐振点，从而使带宽变宽；在调整L形探针5的尺寸时，可以保持L形探针5的总长度为四分之一波长，用于快速找到匹配点。

[0047] 驱动部分11中，所述CPW传输线1作为馈电结构，通过L形探针5来激励起准PIFA天线2中的谐振场；CPW传输线1作为馈电结构，L形探针5与CPW传输线1接触；准PIFA天线2的下贴片即准PIFA天线2的地也作为CPW传输线1，L形探针5位于准PIFA天线2内部但不与准PIFA天线2接触。

[0048] 贴片加载部分12中，一组加载贴片3包括上下两个大小相同的贴片，上下两个贴片分别位于介质块4的表面，相互不连接；两组加载贴片3之间不互相连接，电磁场通过耦合的

方式进入另一组加载贴片3,从而激励起另一组加载贴片3内部的谐振场。

[0049] 所述贴片加载部分12旨在引入另外的谐振点,演化过程如图3所示。通过多个加载贴片3,可持续展宽带宽。其工作原理如下:电场通过耦合的方式由驱动部分11或加载贴片3耦合入临近加载贴片3。驱动部分11和每组加载贴片3都能产生一个谐振点,该谐振点由加载贴片3沿天线辐射方向的长度决定。通过调整几个谐振点的位置,使其能够均匀分布在预期带宽内,则可以实现一个宽带的效果。如果预期带宽过宽,则可以增加加载贴片3来拓宽带宽。另外,加载贴片3的横向长度,即与天线辐射方向垂直的长度,可以影响贴片的阻抗的电阻部分,通过调整该长度与辐射方向的长度,可改善输入端口的匹配。通过观察电场贴片的电场分布图可以看出,在低频时只有驱动部分11工作,而后随着频率的上升,贴片加载部分12的两组加载贴片3也陆续谐振参与辐射。

[0050] 除了增加了天线的带宽外,加载贴片3对于驱动部分11来说可以看作是引向器,增大辐射口径,原理类似于八木天线,随着频率上升,参与工作的贴片数量也变多,即引向器数量上升,也就带来了增益的逐渐上升。

[0051] 加载贴片3在端射方向长度设置在二分之一个空间波长,上下两个贴片大小一致,通过调整加载贴片3的另一个方向长度改善增益和匹配;调整加载贴片3与驱动部分11、加载贴片3与加载贴片3之间的间距改善天线的匹配。

[0052] 介质块4起到天线的支撑作用。所有天线结构都依附于介质块4之上。

[0053] 本实施例中,一种基于准PIFA天线的超低剖面端射垂直极化天线,如图5、图6所示,包括CPW传输线1、准PIFA天线2、加载贴片3、介质块4、L形探针5、短路面6、地7。

[0054] 本实施例中采用一个准PIFA天线2和两个加载贴片3加载的形式,并通过共面波导传输以及L形探针5馈电。如图4所示,当天线工作在低频的时候,只有第一个驱动部分11谐振,随着频率的上升则加载的贴片依次产生作用,即产生对应的谐振点,并有引向器的效果。

[0055] 本实施例中的具体参数如下:介质块4的长宽高W=6mm,L=8mm,H=0.9mm。CPW传输线1中的信号线宽度W4=0.4mm,地7相距W5=0.6mm。L形探针5高度Fh=0.8mm,水平结构中L2=0.6mm,R1=0.2mm。准PIFA天线2在端射方向上的宽度W3=1.05mm,第一、二组加载贴片3在端射方向上的宽度分别为W2=1.85mm,W1=1.7mm,准PIFA天线2和两组加载贴片3有共同长度L1=3.2mm。第一组加载贴片3与准PIFA天线2相距s2=0.36mm,两组加载贴片3之间相距s1=0.5mm。

[0056] 如图7所示,本实施例中,天线能覆盖24.25-29.7GHz的频段范围,大约20%的相对带宽。图8是天线朝端射方向的实际增益图,频带上下限分别对应的增益为2.85dBi@24.25GHz,5.85dBi@29.5GHz。随着频率的上升,可以看到增益也不断上升。由于在高频阶段其他方向的辐射变大,所以导致图8中增益在高频有所下降。图9a和图9b给出了本发明分别在25GHz、27GHz、29GHz三个频点上的H面方向图和E面方向图。可以看到,在H面上方向图保持对称,而在E面上,由于天线结构的不对称性,带来方向图的稍微偏转。

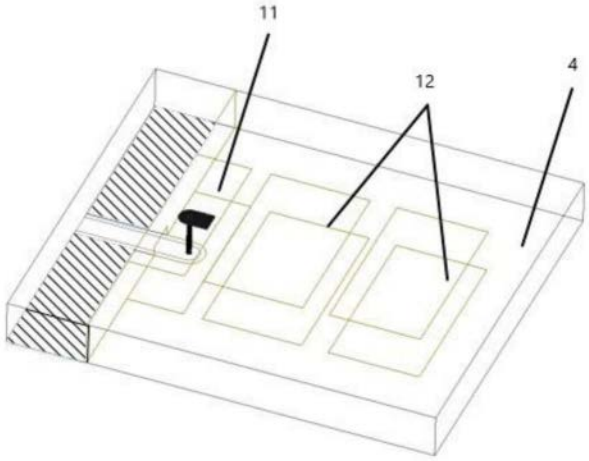


图1

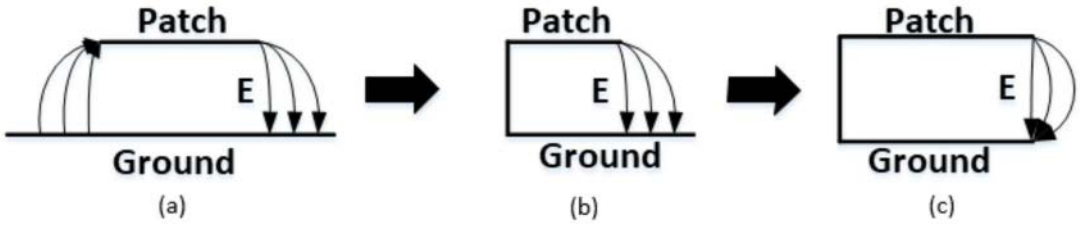


图2

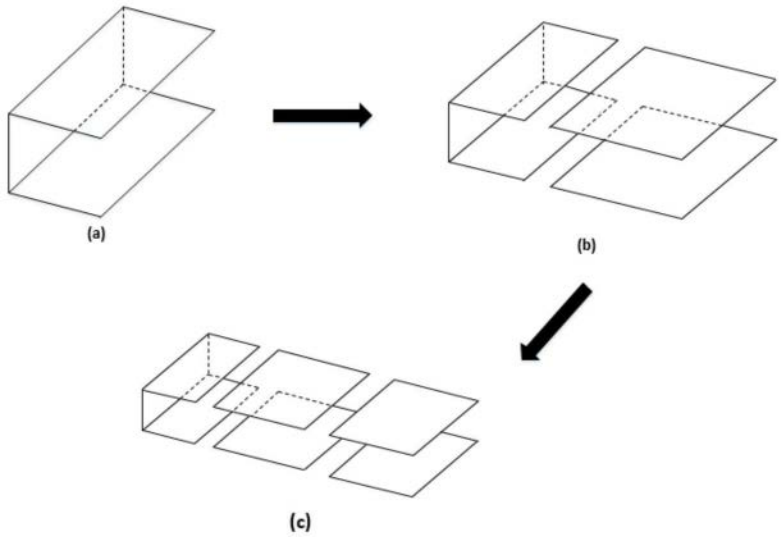


图3

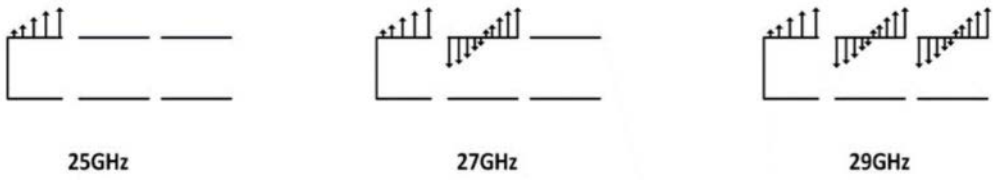


图4

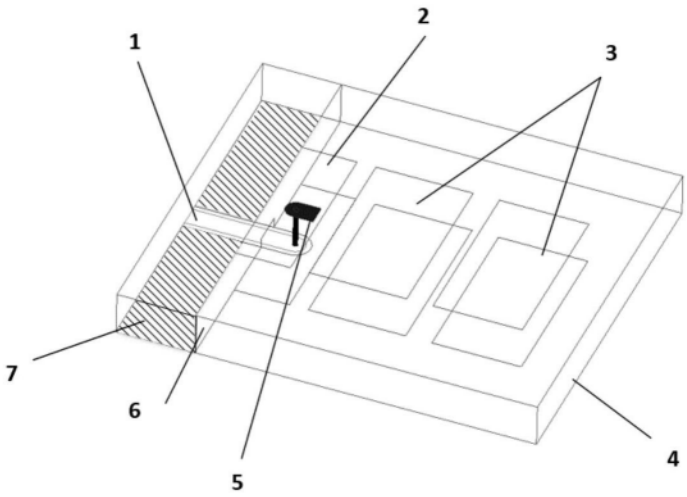


图5

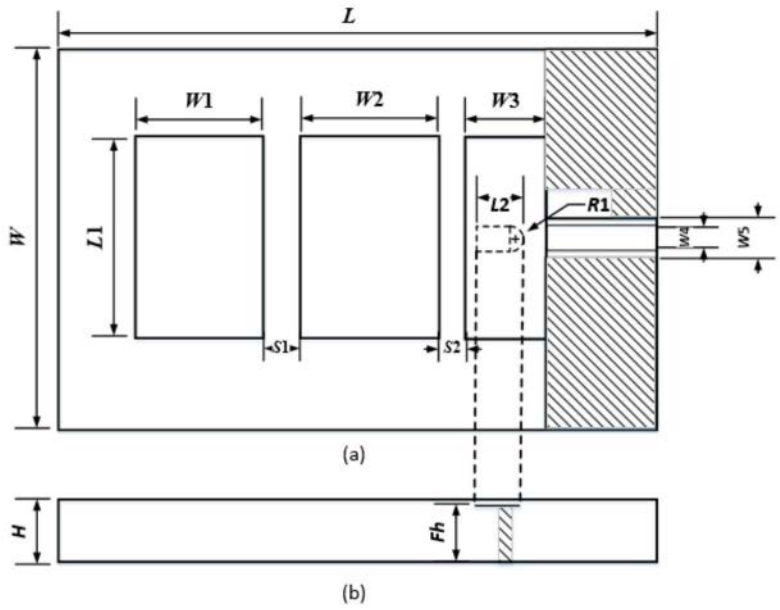


图6

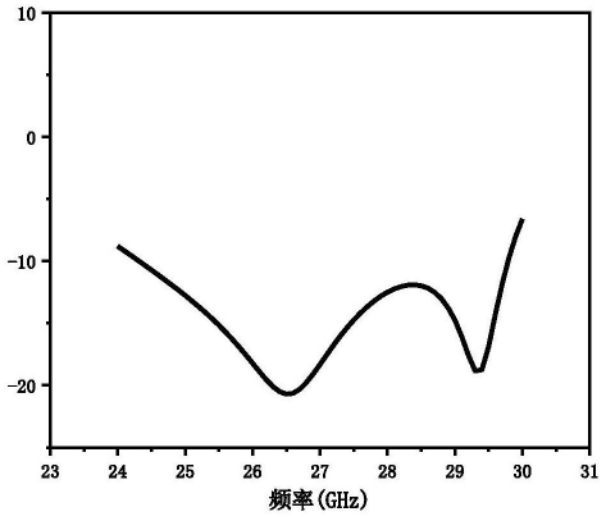

10
0
-10
-20
23
24
25
26
27
28
29
30
31
频率(GHz)

图7

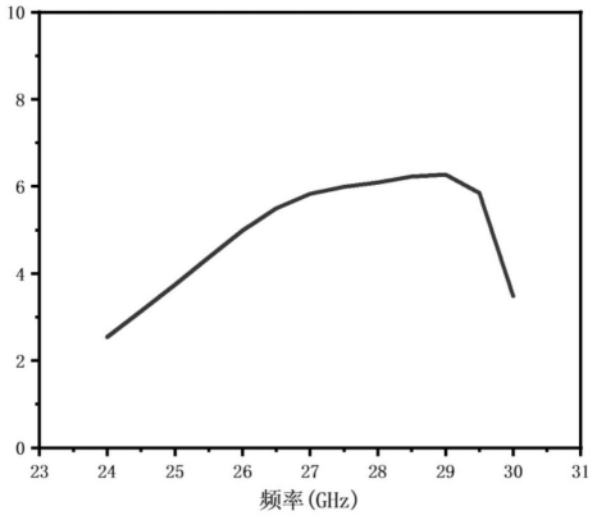

10
8
6
4
2
0
23
24
25
26
27
28
29
30
31
频率(GHz)

图8

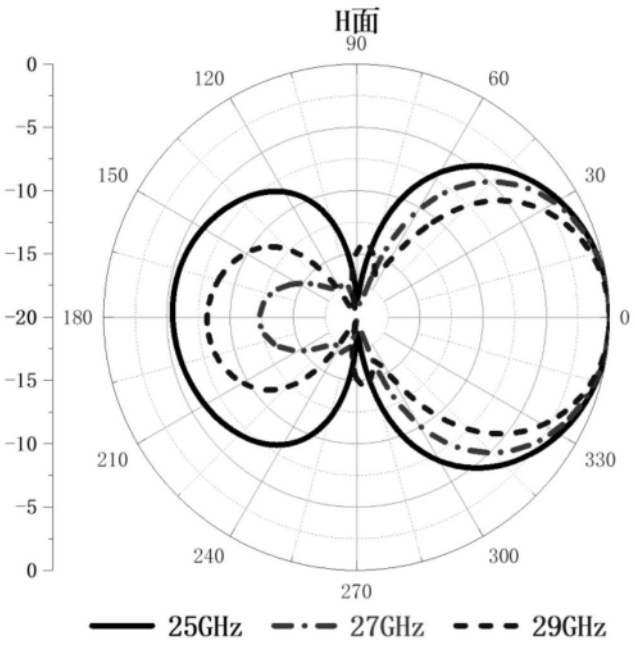

H面
90
120
60
150
30
180
0
210
330
240
300
270
0
-5
-10
-15
-20
-15
-10
-5
0
25GHz
27GHz
29GHz

图9a

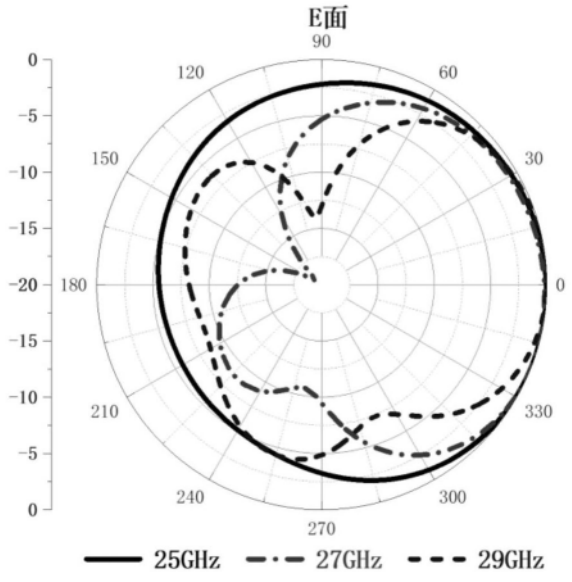

E面
90
120
60
150
30
180
0
210
330
240
300
270
0
-5
-10
-15
-20
-15
-10
-5
0
25GHz
27GHz
29GHz

图9b