

一种槽加载的可重构微带八木贴片天线

杨雪松 王秉中 赵德双 肖绍球

电子科技大学物理电子学院应用所 四川成都, 610054

摘要: 本文提出了一种槽加载方向图可重构微带八木贴片天线。在寄生贴片上刻蚀槽结构, 通过安装在槽中的开关改变寄生贴片的功能, 实现波束动态扫描。本文设计的天线在 9.7~10.0 GHz 的频段内, 以两种工作模式实现波束在 E 面上半空间的扫描。

关键词: 方向图可重构天线, 微带天线, 微带八木天线, 开关, 槽

I. 介绍

随着无线通信技术的发展, 通过调整天线孔径而改变辐射方向图但同时保持频率不变的方向图可重构天线, 对于提高整个系统的性能, 具有很大的潜力。改变天线的辐射方向图, 能够避开噪声源或电子干扰, 提高安全性, 可将信号对准需要进行通信的用户而节省能源。因此, 在无线通信、卫星通信和雷达等领域, 对方向图可重构天线有很大的需求。通常, 采用相控阵来实现方向图扫描, 但相控阵构造复杂, 成本高昂。不采用相控阵而实现方向图扫描的可重构天线已经在国内外引起了极大的研究兴趣[1]-[3]。

由于微带天线具有相当多的优势, 如剖面低, 重量轻、易于与表面共形且易于与射频电路集成, 因此, 在可重构天线领域, 微带天线担当着越来越重要的角色[2][3]。

具有一个激励单元和几个寄生单元的微带八木一字田天线, 能使主波束从侧射向端射方向倾斜[4], 尺寸比激励元小的寄生元作引向器, 比激励元大的寄生元作反射器。文献[3]提出了一种方向图可重构微带八木天线, 通过在寄生贴片上刻蚀槽结构, 尺寸小的寄生元也可以作为反射器。在槽中安装了一些开关, 通过开关的状态可以改变寄生元的引向或反射作用。

本文提出了一种改进的方向图可重构微带八木阵列天线。它的结构更紧凑, 需要的开关数更少, 而频带更宽。

II. 物理结构和辐射原理

根据微带八木天线的辐射原理, 提出了一种方向图可重构微带八木天线, 如图 1 所示。这个可重构微带八木天线由一个激励贴片和 4 个寄生贴片元组成。在每个寄生贴片上, 刻蚀了两个槽, 用于改变寄生贴片的性能。一个槽位于贴片的中心, 称为槽 C, 另一个槽位于贴片的边缘, 称为槽 E。两个槽的形状基本相同, 都由一个窄缝和两个矩形构成, 而且在窄缝的中心位置, 安装了 1 个开关。窄缝引入等效电容, 而两个矩形则引入等效电感。断开或接通槽中的开关, 可以改变引入的感抗和容抗的大小, 从而改变寄生贴片的等效电抗, 进而改变寄生贴片与激励贴片上电场的相位差, 改变天线的波束方向。当寄生贴片的电抗呈容性时, 它用作引向器; 而当寄生贴片的电抗呈感性时, 它用作反射器。当激励元右边的寄生贴片作引向器而左边的贴片作反射器时, 方向图将偏向

右侧。反之亦然。通过开关在两种基本模式间切换,可以实现方向图在 E 面上半空间扫描。E 面设定为 x - z 面 (90 度指向 $+x$ 轴), H 面定为 y - z 面。

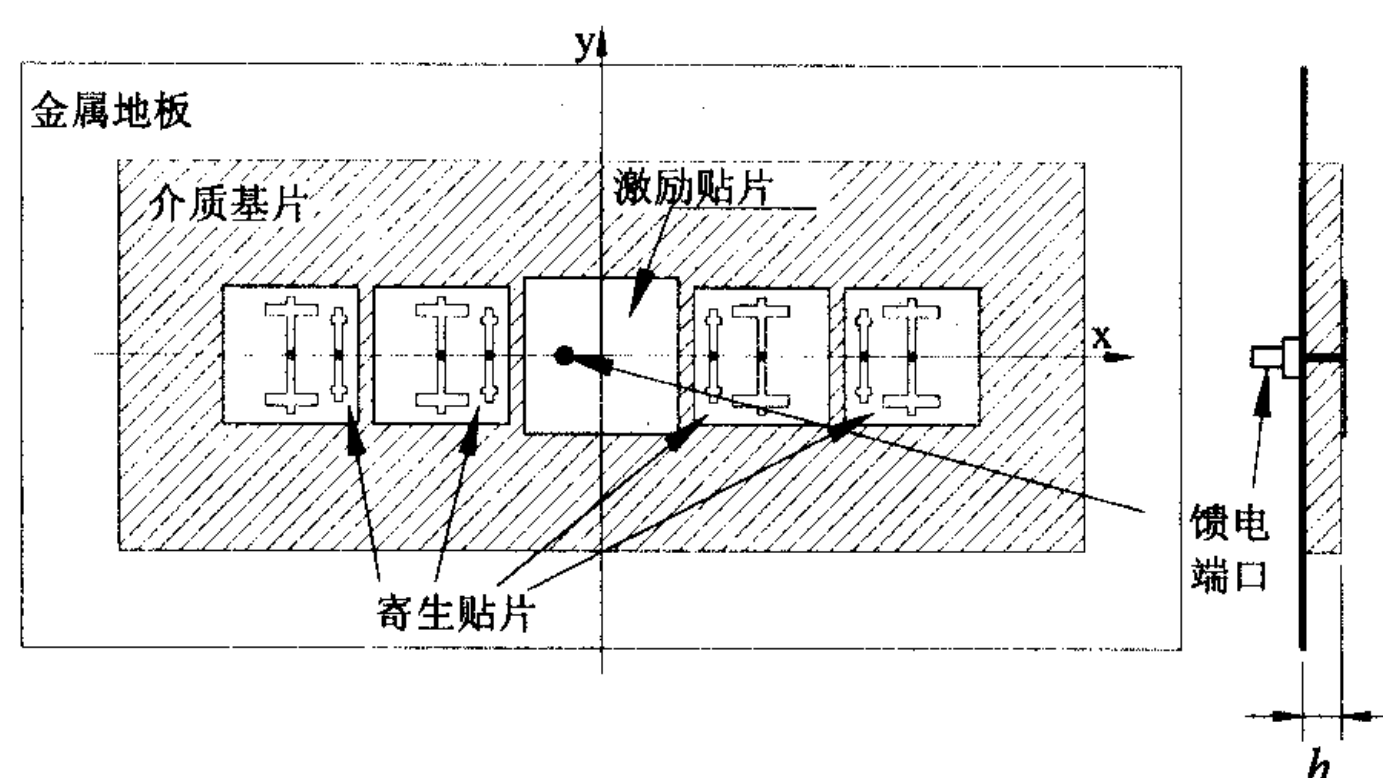


图 1 方向图可重构八木天线结构图

所有辐射元均为方形贴片,带地板的介质基板厚度为 h , 相对介电常数为 ϵ_r 。激励元边长为 L_d , 约为工作频率的半个波长, 寄生元边长为 L_p , 略小于 L_d 。任何两个贴片之间的缝隙宽度都相同, 为 g , 略小于基板厚度 h 。天线参数按文献[4]的原则选择, 未开槽的寄生贴片按引向贴片的尺寸选择。50 Ω 的同轴探针馈电点在 x 轴上, 距天线中心的距离为 L_f 。贴片和槽的参数如图 2 所示。

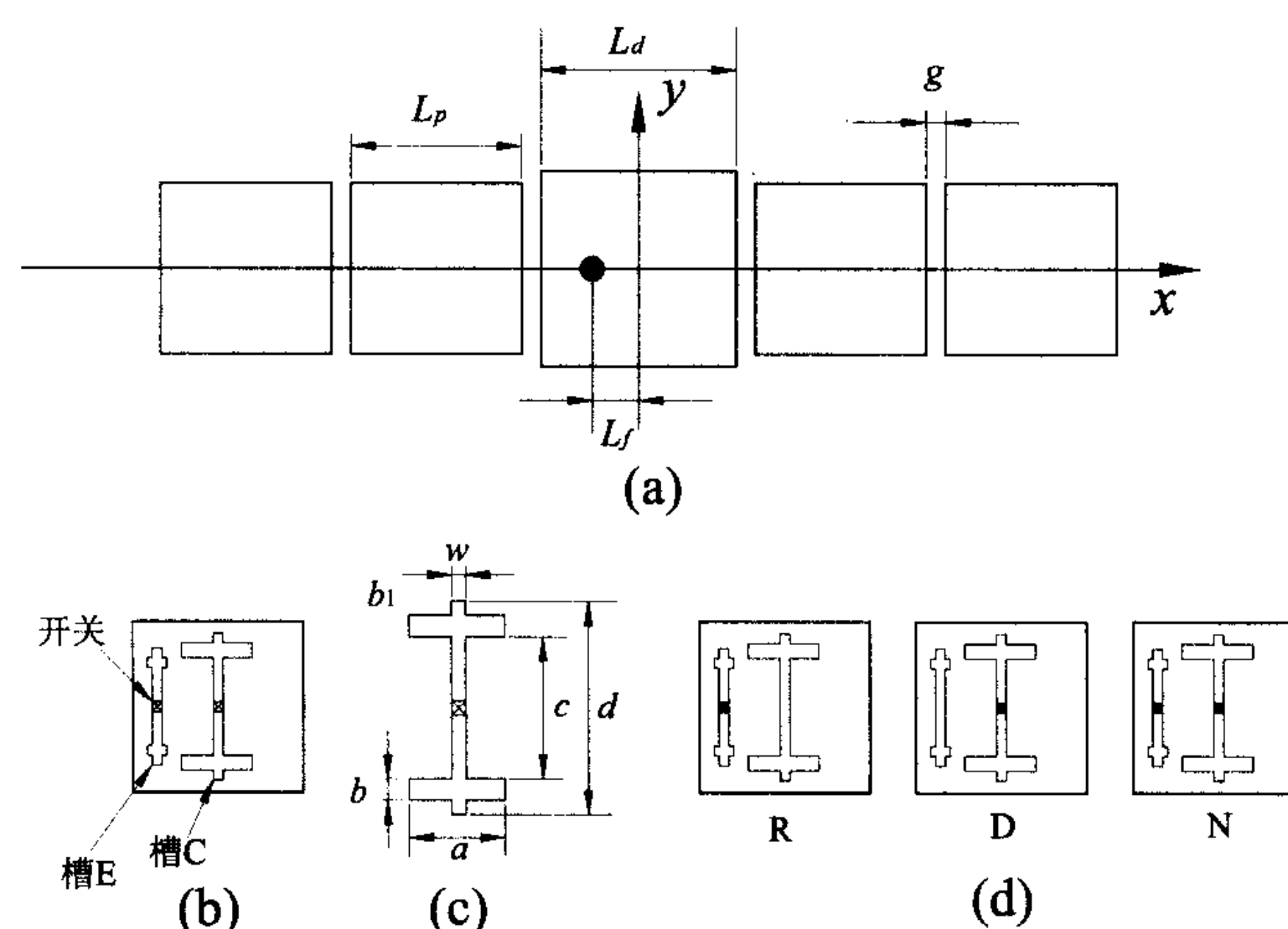


图 2 (a) 天线的参数 (b) 寄生贴片的槽及开关 (c) 槽的参数 (d) 寄生贴片的状态。

在寄生贴片上刻蚀如图 2(c)所示的槽,则可以引入附加的容抗和感抗,使贴片的谐振频率下降。若在贴片的边缘刻蚀槽,贴片边缘处电场较强,引入的容抗较大。若在贴片的中心地带刻蚀槽,由于此处电流较强,引入的感抗较大。为了增强槽 E 的容抗,降低感抗,槽 E 的两个矩形非常小,而且窄缝的长度也小。而为了增强槽 C 的感抗,槽 C 的两个矩形面积较大,而且窄缝的长度也大。调节槽的尺寸以及馈电点的位置,可以使天线在 10GHz 附近获得良好的匹配。

槽的尺寸参数如图 2(c)所示,且在窄缝的中心安装一个开关。当开关断开时,槽引

入的容抗和感抗会使贴片的谐振频率下降。当开关闭合时，容抗和感抗会大大减小，槽对贴片的影响也非常小。当槽 C 的开关断开，而槽 E 的开关闭合时，寄生贴片呈感性，用作反射器，贴片的状态称为“R”。当槽 C 的开关闭合，而槽 E 的开关断开时，寄生贴片呈容性，用作引向器，贴片的状态称为“D”。当两个槽中的开关都闭合时，槽对寄生贴片的谐振频率的影响非常小，贴片的这种状态称为“N”。由于寄生贴片本身小于激励贴片，它还是用作引向器。图 2(d)所示为右侧寄生贴片的三种状态，左侧贴片的三种状态类似。

各个寄生贴片的不同状态可组合成多种工作模式。当激励元一侧贴片的状态为“R”，另一侧贴片的状态为“D”或“N”时，方向图将偏向“D”或“N”一侧。根据微带八木天线的理论，两个引向器和一个反射器可得到较好的方向图特性。更多的反射器反而会使带宽略微减小，方向性系数稍微降低，并且不会增加波束偏移角。所以采用一个反射器，两个引向器。

按从左到右的顺序，用 4 个寄生贴片的状态来描述天线的工作模式。模式一的寄生贴片状态为“NDRN”，即左侧两个引向器，右侧一个反射器，方向图偏向左侧。模式二的寄生贴片状态为“NRDN”，和模式一正好相反，方向图偏向右侧。

III. 结果和讨论

为了验证本文提出的方向图可重构天线原理，设计了工作在 10GHz 附近的方向图可重构天线，并进行了仿真。此天线的参数为： $\epsilon_r=3$, $h=1\text{ mm}$, $L_d=8\text{ mm}\approx 0.46\lambda_g$, $L_p=7\text{ mm}\approx 0.4\lambda_g$, $g=0.8\text{ mm}$, λ_g 是 10 GHz 时的介质波长。介质基片的尺寸为 $50\text{ mm}\times 20\text{ mm}$ ，金属底板是 $60\text{ mm}\times 30\text{ mm}$ 。不同侧的贴片上刻蚀的槽的尺寸略有不同，由于左侧贴片更靠近馈电点，寄生贴片与激励贴片之间的耦合更强，所以左侧贴片的槽略小于右侧贴片的槽。窄缝的宽度对阻抗的影响不大，通常根据开关的尺寸选择。此处开关的尺寸定为 $0.4\times 0.4\text{ mm}^2$ ，所以窄缝的宽度定为 $w=0.4\text{ mm}$ ，所有槽的窄缝宽度相同。槽的其它参数如下，左侧贴片的槽 C： $a=2\text{ mm}$, $b=1\text{ mm}$, $c=3.6\text{ mm}$, $d=6.4\text{ mm}$ 。左侧贴片的槽 E： $d=5.2\text{ mm}$ （两个矩形退化成和窄缝宽度相同）。右侧贴片的槽 C： $a=2.4\text{ mm}$, $b=1\text{ mm}$, $c=3.6\text{ mm}$, $d=6.4\text{ mm}$ 。右侧贴片的槽 E： $a=1\text{ mm}$, $b=0.6\text{ mm}$, $c=3.2\text{ mm}$, $d=5.2\text{ mm}$ 。本文采用金属片来模拟开关以进行原理性验证，用 Ansoft 的 HFSS 进行了天线的仿真。

图 3 所示为仿真的 S 参数。S11 小于 -10dB 时，两种模式的公共频带为 9.7-10.0 GHz。当频率为 9.8 GHz 时，两种模式的方向图如图 4 所示，其最大波束分别指向俯仰角 -42° 和 $+40^\circ$ ，且 E 面 3-dB 波束覆盖俯仰角 $(-68^\circ\sim -24^\circ)$ 和 $(+23^\circ\sim +65^\circ)$ 的范围，副瓣电平低于 -3.7dB，交叉极化低于 -33dB。在整个频段内，辐射特性稳定。

VI. 结论

本文提出了一种新颖的槽加载方向图可重构微带八木天线。以这两种模式工作时，天线的频带为 9.7-10.0GHz，带宽约为 3.0%，比文献[3]中天线的带宽稍宽。如果在槽的窄缝中增加一些开关，如对称地安装 3 个或 5 个开关，则天线的带宽还可以进一步增加。当每个槽中均对称地安装 5 个开关，这两种模式可以覆盖的频带范围为 9.41-10.24 GHz，

带宽约为 8.4%，而且副瓣电平也会更低。但若继续增加开关的数量，对频带的影响则非常小了，同时会增加天线制作的成本，而且开关的控制线路也会对天线的性能造成一定的影响，所以需折衷考虑。选择寄生贴片的其它状态组合，可以得到其它的模式，实现不同频段的方向图扫描特性。

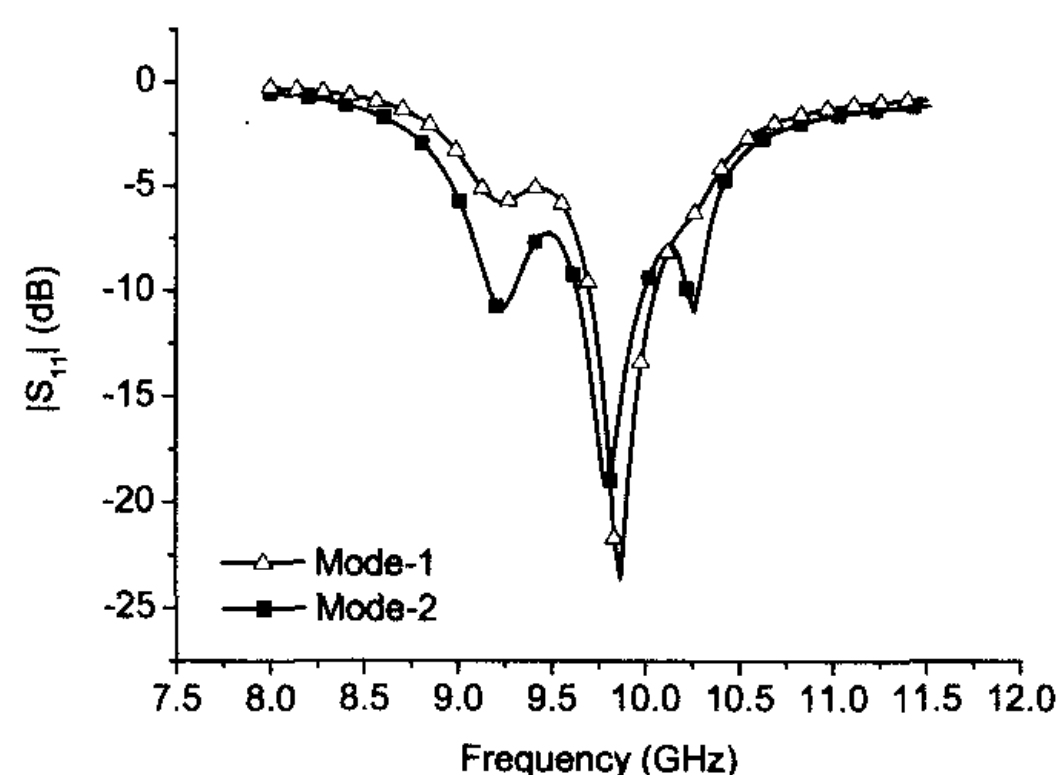


图3 两种模式的 S 参数

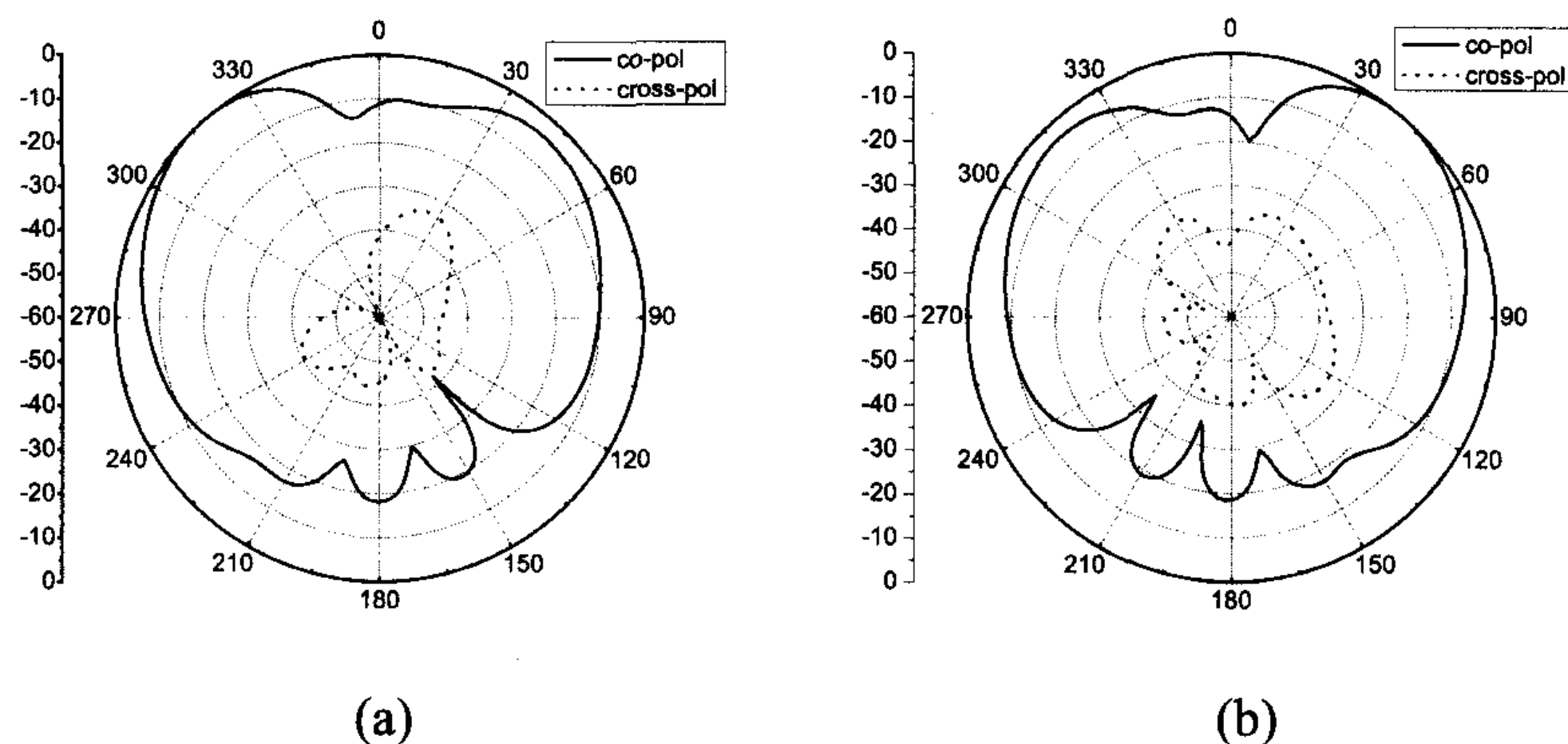


图4 两种模式在 9.8GHz 时的 E 面远场方向图

参考文献

- [1] F. Yang and Y. Rahmat-Samii, "Bent monopole antennas on EBG ground plane with reconfigurable radiation patterns," 2004 *IEEE Antennas and Propagation Society Symposium*, vol. 2, pp. 1819 – 1822, June 2004
- [2] S. Xiao, Z. S., M. Fujise, and B.-Z. Wang, "Pattern reconfigurable leaky-wave antenna design by FDTD method and Floquet's theorem," *IEEE Trans. on Antennas and Propa.* vol. 53, no. 5, pp. 1845-1848, May 2005.
- [3] X.-S. Yang, B.-Z. Wang, and Y. Zhang, "Pattern reconfigurable quasi-Yagi microstrip antenna using photonic band gap structure," *Microwave and Optical Tech. Letters*, vol.42, no.4, pp.296-297, Aug. 20, 2004.
- [4] Jonh Huang and Arthur C. Densmore, "Microstrip Yagi Array Antenna for Mobile Satellite Vehicle Aplication," *IEEE Trans. on Antennas and Propa.* vol. 39, no. 7, pp. 1024-1030, July 1991.

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>