

基于 LTCC 技术的微带缝隙 E 型贴片天线研究

全巍 延波 王金洪 王志刚
(电子科技大学电子工程学院, 成都 611731)

摘要: 本文提出了一种基于 LTCC (Low-Temperature Co-fired Ceramic) 技术的改进型 Ka 波段微带 H 型缝隙耦合天线结构, 并在传统的矩形寄生贴片上开槽为 E 型贴片, 采用 E 型贴片在实现天线小型化的同时也在一定程度上改善了其阻抗特性实现宽带辐射。同时由于寄生贴片的引向作用, 天线的增益也相应提高。天线在两层 LTCC 基板上包含 5 个贴片, 其中单个辐射贴片位于下层, 一对 2×2 的 E 型寄生贴片位于其上层。通过仿真得出, 在 35GHz 时天线最大增益为 7.7dBi, 反射损耗小于 -10dB 的相对带宽为 20.8% (32.0~39.3GHz)。

关键词: H 型缝隙; Ka 波段; LTCC; E 型寄生贴片

An Microstrip Slot Antenna with E-Type Parasitic Patches Based on LTCC Technology

QUAN Wei, YAN Bo, WANG Jin-hong, WANG Zhi-gang

(School of Electronic Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

Abstract: An microstrip H-type slot antenna with E-type parasitic patches in Ka-band is proposed in this paper. the developed prototype of this antenna employs a multilayer Low-Temperature Co-fired Ceramic (LTCC) substrate. The E-type parasitic patches are used instead of the traditional rectangular chip to achieve antenna's miniaturization and improve the impedance characteristics to increase the antenna's bandwidth to some extent. At the same time, owing to the parasitic patches, the orientation of the antenna is changed better, so its gain can be improved. The antenna installs five patches on two LTCC layers, the 2×2 E-type parasitic patches on the upper layer and the radiation chip on the lower one. The proposed antenna by simulation can achieve 7.7 dB absolute gain at 35 GHz and while the fractional bandwidth of -10 dB return loss is 20.8% (from 32 to 39.3 GHz).

Key words: H-type slot; Ka-band; LTCC; E-type parasitic patches

引言

天线是任何无线电系统的基本组成部分, 随着无线通信的不断发展, 通信设备的集成度越来越高使得其体积越来越小, 这就对天线的小型化提出了更高的要求, 而利用 LTCC 技术能进一步缩小天线的体积而满足系统小型化的要求。LTCC (Low-Temperature Co-fired Ceramic) 以其高耐温性、高热传导率、低介质损耗、优良的高频高 Q 等特性非常适宜作为小型化天线的材料, 而 LTCC 工艺所具备的多层技术又使得天线的布局从二维走向三维, 为天线的小型化创造了更加良好的工艺条件^[1-2]。

在 LTCC 里面使用较多的是微带天线。微带天线是驻波形式的天线, 其突出的缺点是阻抗带宽非常窄, 其相对带宽一般只有 2%-5%, 从而使得微带天线在平常的使用中受到了一定程度的限制。展宽微带天线带宽的基本途径是通过降低微带天线等效谐振电路的品质因素 Q 值, 因此考虑展宽微带天线阻抗带宽的方法通常有增加基片的厚度以及降低介质基片的介电常数或者采用加寄生贴片谐振等一系列方法。在本文里选用加寄生贴片谐振的方法使用的是商业软件 Ansoft HFSS 10。

系统集成度的提高对天线的小型化提出了更高的要求, 但是减小天线的尺寸会使天线的性能发生退化进而使效率下降且带宽变窄。但是可以通过改

贴片天线谐振中心频率各不相同而各谐振带宽相互交叉达到展宽天线带宽的目的。这类方法是一种相对简单且有效的途径。与此同时利用曲流技术在寄生贴片上开槽形成 E 型贴片, 该方法增加了寄生贴片上电流流动路径从而降低了天线谐振频率达到使天线小型化并同时展宽带宽的作用。

本文选用了缝隙耦合方式对微带天线进行馈电。微带缝隙天线不仅能够降低谐振频率而且是一种具有宽带特性的天线; 另一方面, 微带缝隙天线由于接地板的屏蔽作用, 终端开路微带馈线的辐射结构不会影响贴片的辐射场^[3]。同时, 将普通的矩形缝隙两边开槽形成 H 型缝隙, 以便缓解耦合量从缝隙中心向两长边的急剧减小从而改善该天线阻抗特性, 实现宽带辐射。

1 天线的设计

天线集成在 8 层 LTCC 基板上, 由一个馈电端、一条 50Ω 的微带传输线、一个辐射贴片以及一对 2×2 的 E 型寄生贴片所组成(见图 1)。在本文里, 使用的 LTCC 材料是 Ferro A6-M, 在 35GHz 时其介电常数 ϵ_r 为 5.7 且损耗角正切为 0.002, 每一层 LTCC 材料的厚度在烧结完以后为 $94\mu\text{m}$ 。天线的优化和仿真变天线的外形结构或者通过加载、优化等方式改善天线的电属性来达到小型化和宽频带之间的最优

值。通过公式 $f \approx \frac{c}{2L\sqrt{\epsilon_r}}$ 可以知道，贴片上电流

路径 L 的有效长度增加会使天线的谐振频率下降，而对于固定频率的天线减小天线尺寸可以达到天线小型化的目的。对此，本文在传统的矩形寄生贴片上开了两条宽度相等但长度不均的缝隙（图 2），来引导贴片中的电流流向发生弯曲，以在不减小天线尺寸的情况下达到增加电流等效长度的效果^[6]。

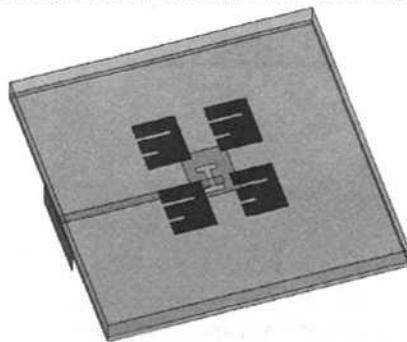


图 1 天线全视图

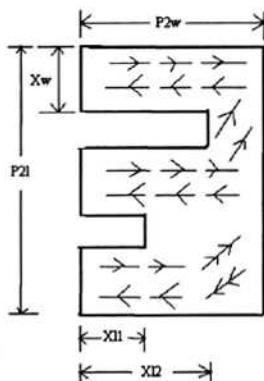


图 2 E 型寄生贴片

由公式 $BW = \frac{S-1}{Q\sqrt{S}}$ （其中 BW 为带宽，S 为

允许的最大电压驻波比，Q 为品质因素）可知，展宽微带天线带宽的基本途径是通过降低微带天线等效谐振电路的品质因素 Q 值。由于在贴片上开槽造成了天线的 Q 值降低，所以天线的带宽能够相应提高^[7-8]。

传统的微带缝隙天线的缝隙为矩形，本文选择了在缝隙的两端额外开了两条长度和宽度均等的缝隙从而构成 H 型缝（图 3）。H 型缝隙的口径位置关于辐射贴片的中心对称分布且与微带线垂直，由于这种对称性的激励分布使天线具有很低的交叉极化。另外 H 型槽把辐射贴片和馈电网络隔离开来不会导致由馈电带来的寄生辐射。通过调节 H 型缝隙

的尺寸和终端微带线的长度用以改善天线的阻抗匹配特性进而达到实现天线的宽频谐振。

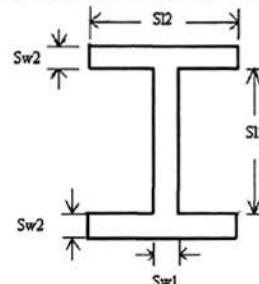


图 3 H 型缝隙

天线的俯视图和侧视图如图 4(a) 和图 4(b)。

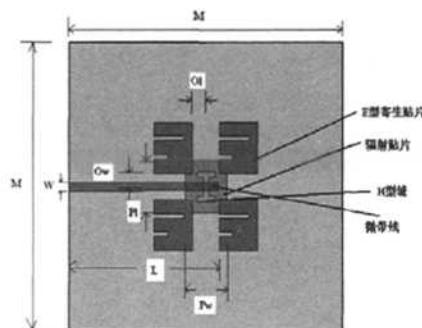


图 4 (a) 天线俯视图

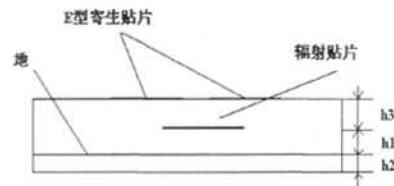


图 4 (b) 天线侧视图

图 4(a) 和图 4(b)

图 2、3、4 中的所有参数具体数值如表 1 所示。

表 1 天线各参数值（单位：mm）

L	W	M	H1	H2
5.4	0.3	10	3× 0.094	2× 0.094
H3	P _w	P _l	P _{2w}	P _{2l}
3× 0.094	1.5	1.8	1.4	1.8
S _{w1}	S _{l1}	S _{w2}	S _{l2}	X _n
0.2	0.6	0.2	0.7	1.1
X _{l2}	O _w	O _l	X _w	
0.5	0.5	0.5	0.5	

2 仿真结果

与传统的微带缝隙耦合天线相比较，本文由于在寄生贴片上开槽使得电流在贴片中流动的等效长度增加导致天线谐振频率下降，而且同时由于寄生贴片的作用激励起多个模式形成多个谐振电路且使这些谐振频率相互靠近，所以天线的阻抗带宽能够明显增加。另外由于缝隙采用了 H 型改善了天线的阻抗特性从而也实现了宽带辐射。天线反射损耗小于-10dB 的阻抗带宽为 20.8% (32.0-39.3GHz)。图 5 表示了该类型天线在传统缝隙加传统寄生贴片、传统缝隙加 E 型寄生贴片、H 型缝隙加 E 型寄生贴片三种不同结构时的 S11 曲线图，可以看出将传统寄生贴片改为 E 型贴片同时矩形缝隙改为 H 型后的天线阻抗带宽比传统型的微带缝隙天线以及仅含有 E 型贴片的微带天线的阻抗带宽高出许多。同样，由于寄生贴片的引向作用使天线的方向性得到改善，最大增益为 7.7dBi，与一般的微带缝隙天线相比也有比较明显的增加。天线的方向图如图 6 所示。

虽然在这篇文章里面，天线的增益和带宽都提高了，但是仍然有许多方法可以用来继续提高。在本文里采用了 E 型贴片来达到展宽带宽的作用，但寄生贴片开槽后影响了天线的引向作用所以增益相比未开槽时下降了少许，在后续工作中可以考虑开槽位置及大小使天线增益更加提高，也可以考虑增加反射面或者在贴片的周围添加起隔离作用的通孔等等。为了进一步提高带宽可以考虑增加寄生贴片的数量或者进一步优化缝隙的形状等方法。

3 结论

本文描述了一种基于 LTCC 技术的 Ka 波段微带缝隙耦合天线的新结构。由于在寄生贴片上开槽，并同时将传统的矩形缝隙改为 H 型，使天线的小

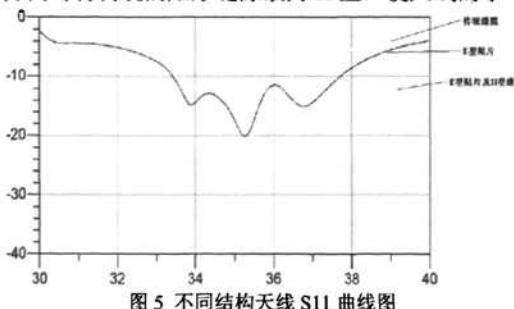


图 5 不同结构天线 S11 曲线图

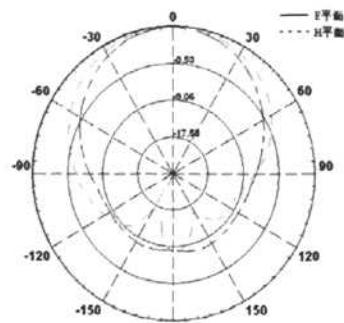


图 6 天线方向图

型化得到一定程度的实现且天线阻抗带宽得到明显提高。由于寄生贴片的引向作用使天线的增益也与普通的微带天线相比有明显的改善。天线小型化后会导致带宽变窄、增益变低，如何保持天线小型化的同时提高天线增益及展宽带宽是有待研究的问题，本文为以后在在毫米波频段实现天线小型化且宽频带提供了一种可供选择的方案。

参 考 文 献

- [1] T. Ihara, K. Fujimura. Research and development of millimeter-wave short-range application systems[J]. Trans IEICE, 1996, E79-B(12):1741-1753
- [2] Antti E.T. Lamminen, Jussi Saily, Antti R. Vimpari. 60-GHz Patch Antennas and Arrays on LTCC With Embedded-Cavity Substrates[J]. IEEE Transactions on antenna and propagation, 2008, 56(9)
- [3] Manoj Singh, Anjanan Basu, S.K. Koul. Design of Aperture Coupled Fed Micro-Strip Patch Antenna of wireless Communication[J]. Electronic letters, 2006, 1(7)
- [4] Deschamps GA. Microstrip microwave antenna[R]. 3rd USFA Syem Antennas, 1953
- [5] 钟顺时. 微带天线理论与应用[M]. 西安：西安电子科技大学出版社，1991
- [6] 柳青. 小型化宽带化微带天线[D]. 成都电子科技大学，2008
- [7] Kin-Lu Wong. Compact and Broadband Microstrip Antennas[M]. John Wiley & Sons inc., Publication, 2000
- [8] S.H.Wi, J.M.Kim and J.G.Yook, Microstrip-fed bow-tie-shaped meander slot antenna with compact and broadband characteristics[J]. Microwave Opt Technol Lett, 45(1):88-90

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，一直致力于专注于微波、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>