



共面耦合馈电小型化 E-E 形及半 E-E 形宽带微带天线

杨放, 卫铭斐, 周军妮, 王纯, 王民

(西安建筑科技大学信息与控制工程学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 提出并设计了一种可应用于多频段无线通信的小型化宽带微带贴片天线。天线采用共面容性耦合的馈电方式补偿探针的分布电感, 应用 FR4 高频介质板与空气层组成的层叠介质、E-E 形和半 E-E 形辐射贴片缩减天线的尺寸。结果表明, E-E 形微带天线和半 E-E 形微带天线的阻抗带宽分别为 1.85~2.57 GHz (相对带宽 32.6%) 和 1.85~2.50 GHz (相对带宽 29.9%)。和普通 E 形微带天线相比, E-E 形和半 E-E 形微带天线的贴片面积缩小了 47% 和 61%。

关键词: 微带天线; E-E 形贴片; 半 E-E 形贴片; 共面耦合馈电; 无线通信

中图分类号: TN820

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017198

Co-plane coupling-feed compact wideband E-E shaped and half E-E shaped microstrip antenna

YANG Fang, WEI Mingfei, ZHOU Junni, WANG Chun, WANG Min

School of Information and Control Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China

Abstract: A compact and wideband microstrip patch antenna for multi-band wireless communications was proposed and designed. The antenna is fed by co-plane capacitive coupling method to compensate the inductance of the feeding probe, using stacked substrate of FR4 and air, an E-E or half E-E shaped radiating patch to reduce the size of the antenna. The results show that the bandwidths of the E-E and half E-E shape microstrip antennas are 1.85~2.57 GHz (relative bandwidth 32.6%) and 1.85~2.50 GHz (relative bandwidth 29.9%), respectively. Compared with ordinary E-shaped microstrip antenna, the area of E-E and half E-E microstrip antenna reduces by 47% and 61% patch.

Key words: microstrip antenna, E-E-shaped patch, half E-E-shaped patch, co-plane coupling feed, wireless communication

1 引言

微带贴片天线具有低轮廓、易共形、低成本等很多优点,在现代无线通信中应用非常广泛。但是微带天线阻抗带宽很窄,必须展宽其带宽。贴片上

开槽的方法:如开 U 形槽^[1]、H 形槽^[2]、V 形槽^[3]等,可以形成多频谐振以展宽天线的带宽。在参考文献[4]中提出在贴片上开十字形槽,嵌入 L 形枝节形成双频谐振展宽微带天线的带宽。2001 年, Yang^[5]和 Wong^[6]提出了贴片上开大尺寸槽的 E 形

收稿日期: 2017-03-14; 修回日期: 2017-06-07

基金项目: 陕西省自然科学基金资助项目 (No.2013JQ8003); 陕西省教育厅专项科研计划基金资助项目 (No.15JK1432)

Foundation Items: Shaanxi Provincial Natural Science Foundation of China (No.2013JQ8003), Shaanxi Education Department Research Project(No.15JK1432)

贴片天线,把微带贴片天线的阻抗带宽提高到了30%以上。E形微带天线的提出对微带天线的宽带化设计具有重要的意义,之后很多学者对其进行了分析、改进和优化设计。其改进主要是从以下几个方面:宽带化设计,通过优化几何参数,进一步展宽其带宽^[7];小型化设计,如层叠介质和半E形贴片^[8]、加载短路探针^[9]、E-H形贴片和EE-H形贴片^[10,11];采用新颖的馈电方式展宽带宽,如L形探针馈电^[10,11]、共面和非共面的容性临近耦合馈电^[9,12];高增益设计,通过贴片上覆盖介质层及层叠贴片实现^[10,11,13]。参考文献[14]以印刷单极子天线为基础,设计了宽带微带天线。

现有参考文献中对E形微带天线的改进一般都只从带宽、增益、尺寸中的一个方面出发,因为天线的带宽、增益与尺寸在设计中通常难以兼顾。其中,层叠介质的E形贴片天线缩小了贴片的长度,但是牺牲了天线的带宽^[8],带宽下降为19.9%,半E形贴片天线的带宽仅为15.2%;E-H形和EE-H形贴片缩减了贴片宽度^[10,11],减小了交叉极化分量,贴片上覆盖介质提高了增益,但是带宽下降为30%和21.8%。本文则提出将E-E形贴片、半E-E形贴片和层叠介质两种方法相结合来同时缩减天线的长度和宽度,并应用共面容性耦合馈电补偿探针引起的分布电感,提高带宽的同时大大缩减了贴片尺寸。通过HFSS分析发现,和普通E形微带天线相比,E-E形和半E-E形微带天线不仅阻抗带宽可达到30%以上,而且贴片面积缩减了47%和61%。本文所设计的E-E形和半E-E形微带天线阻抗带宽涵盖了PCS(1 850~1 990 MHz)、IMT-2000(1 885~2 200 MHz)、IEEE 802.11协议WLAN(2 400~2 484 MHz)、蓝牙(2 400~2 500 MHz)等多个无线通信频段。

2 天线结构

本文提出的E-E形和半E-E形微带天线如图1所示。贴片的馈电端开槽形成E形形状,在两条非辐射边上均开两个矩形槽得到E-E形微带天线,

在贴片上开方形槽,嵌入方形贴片,实现同轴线性容性共面临近耦合馈电,方形贴片抵消了介质较厚时馈电探针的分布电感,因此可以提高阻抗带宽。介质采用低成本的1.6 mm厚FR4高频介质基板(相对介电常数为4.4,损耗正切为0.02)和13.4 mm厚空气组成的层叠介质。层叠介质不仅得到相对介电常数大于1的等效介质,而且便于调节介质层的厚度和等效介电常数。贴片切去一半,得到半E-E形贴片,调整贴片和开槽尺寸可得到宽带阻抗匹配的同时大大了缩减贴片的尺寸。

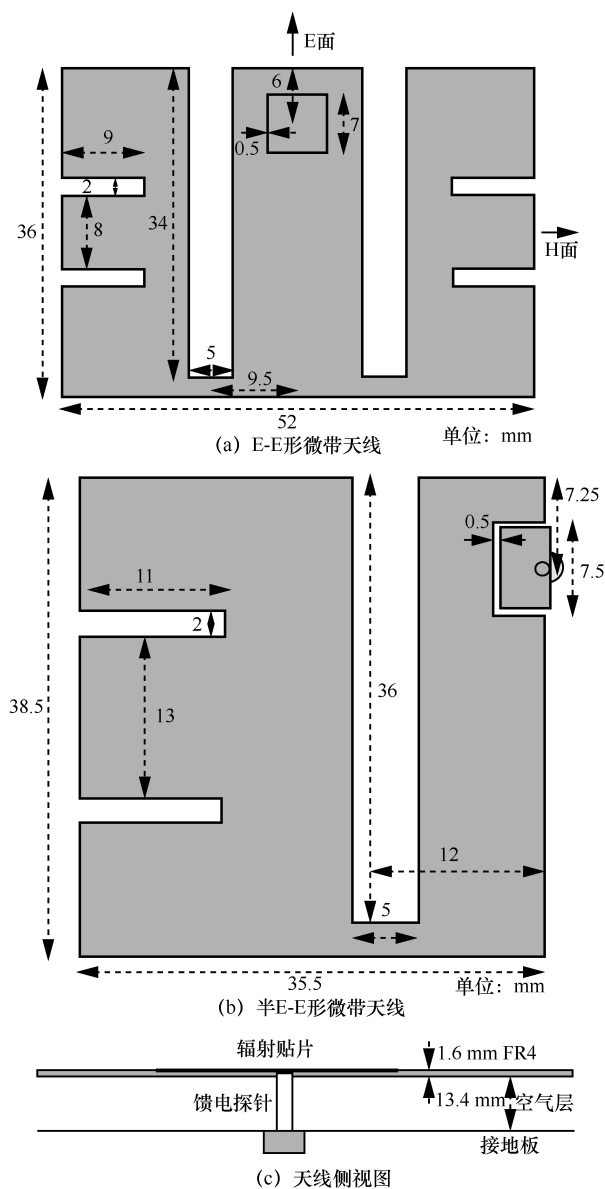


图1 天线结构



3 结果及分析

HFSS是美国ANSYS公司开发的一款基于电磁场有限元法的三维全波电磁仿真软件,本文应用该软件对天线进行建模及仿真分析。图2是仿真得到的天线的史密斯圆图。E-E和半E-E微带天线在圆图上都形成了一个圆环,说明都形成了双频谐振。E-E微带天线在1.85~2.57 GHz频率范围内驻波比小于2,相对带宽32.6%;半E-E形微带天线阻抗带宽1.85~2.50 GHz,相对带宽为29.9%。

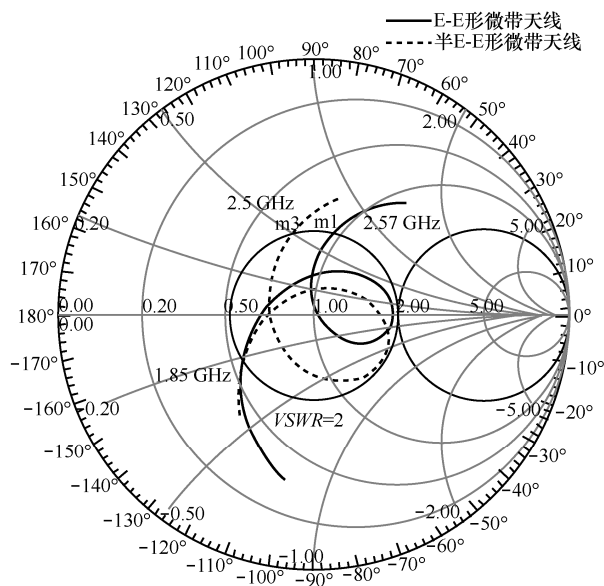


图2 天线史密斯圆图

微带天线的宽带特性是由贴片上的电流分布决定的。图3给出了E-E形微带天线和半E-E形微带天线在两个不同谐振频率点的电流分布。可见,天线在两个频率点在贴片上形成不同的电流路径和电流分布区域,所以天线形成了双频谐振,当两个频率接近时,天线具有宽带阻抗特性。

图4是E-E形微带天线和半E-E形微带天线在两个不同谐振频率点的E面和H面的增益方向图。可以看出,天线的方向图随频率变化不大,天线具有方向图宽带特性。E-E形微带天线交叉极化增益小于-40 dB,半E-E形微带天线交叉极化增益小于-10 dB。在带宽范围内,E-E形微带天线轴向增益在5.9~8.5 dB变化,半E-E形微带天线轴向增益在5.7~8.1 dB变化。因为天线采用了空气和FR4组成的层叠介质,因此具有较高的辐射效率和增益。

表1比较了参考文献[5]提出的E形微带天线、参考文献[11]中EE-H形微带天线和本文提出的改进的E-E形和半E-E形微带天线的带宽、增益和贴片尺寸及天线的总尺寸。可以看出,在天线工作频段基本相同的情况下,本文提出的小尺寸E-E和半E-E形微带天线在阻抗带宽、贴片面积等方面均优于参考文献[5,10,11]中的结果。和参考文献[5]中的普通E形微带天线相比,E-E形微

表1 与其他参考文献比较结果

不同天线	带宽/GHz	相对带宽	贴片面积/mm	最大增益/dB	天线总尺寸/mm
本文结果(层叠介质E-E形微带天线)	1.85~2.57	32.6%	36×52	8.5	116×174×15
本文结果(层叠介质半E-E形微带天线)	1.85~2.50	29.9%	38.5×35.5	8.1	116×174×15
参考文献[5](E形微带天线)	1.85~2.45	27.9%	50×70	8.5	140×210×15
参考文献[10](L形探针馈电E-H形微带天线)	1.76~2.38	30.0%	50×80	9.4	200×180×15.6
参考文献[11](L形探针馈电EE-H形微带天线)	1.86~2.30	21.2%	38×79	9.5	200×180×15.6

表2 与参考文献[5]结果比较结果

结果	阻抗带宽/GHz	相对带宽	谐振频率/GHz
本文结果	1.92~2.54	27.8%	1.98、2.4
参考文献[5]理论	1.85~2.45	27.9%	1.9、2.3
参考文献[5]实测	1.87~2.50	30.3%	1.92、2.4

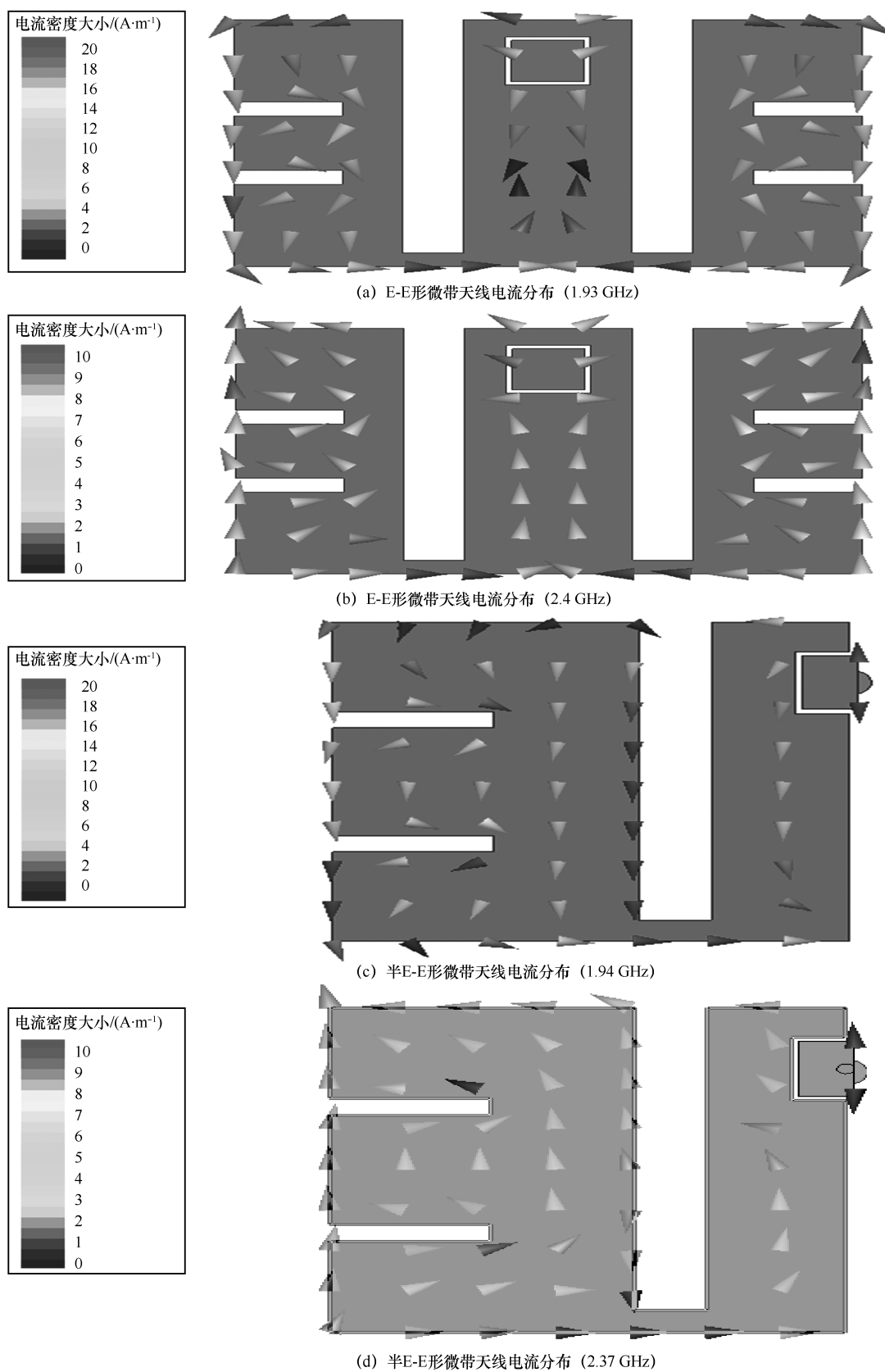


图3 贴片电流分布

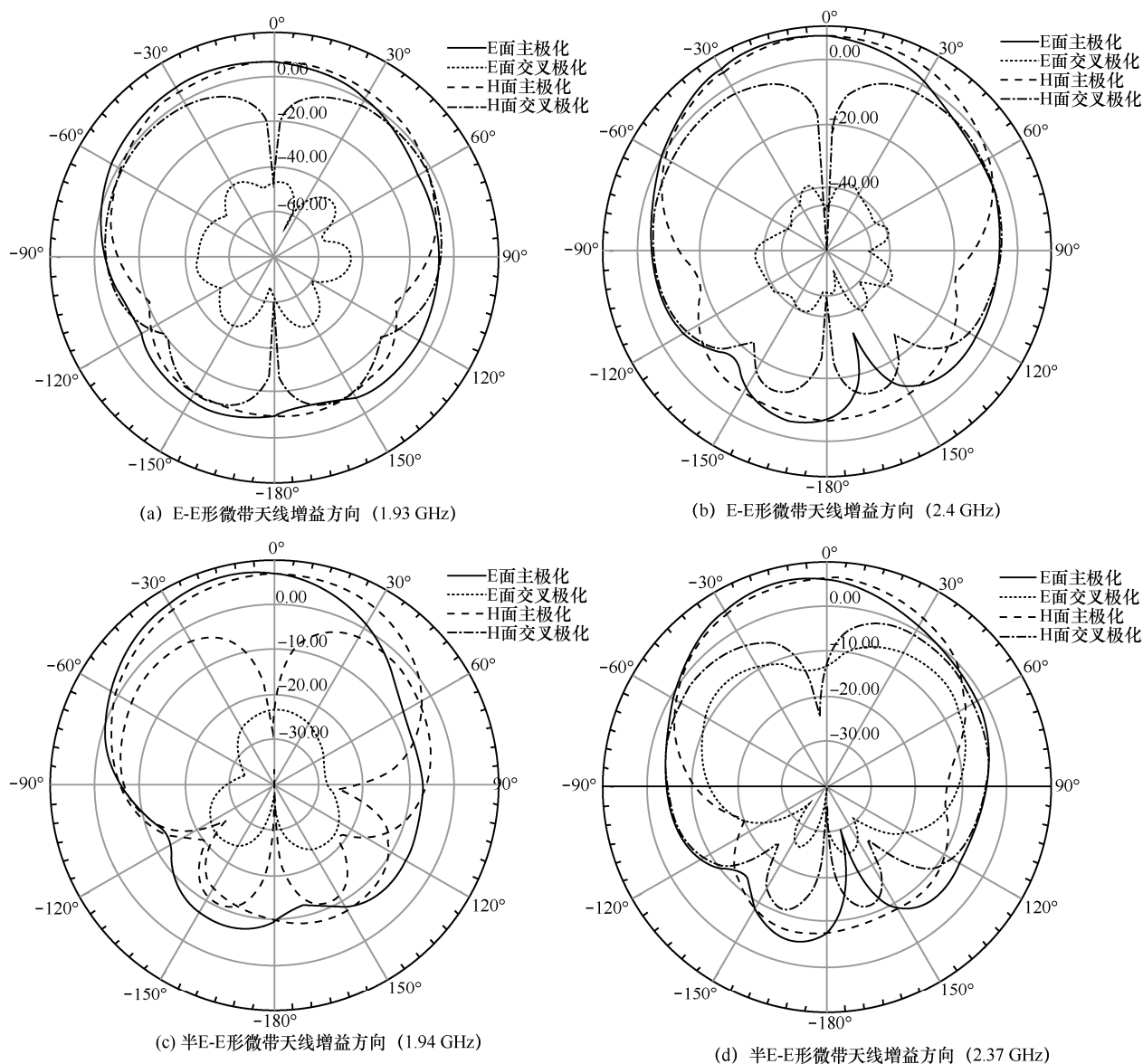


图4 天线增益方向

带天线尺寸缩减了 47%，半 E-E 形微带天线尺寸缩减了 61%。

为了说明本文仿真结果的正确性，本文对参考文献[5]提出的 E 形微带天线进行了仿真分析，并与参考文献[5]的理论和实测结果进行了对比，结果见表 2。

4 结束语

提出并设计了一种改宽带小尺寸 E-E 形微带天线。在设计中采用层叠介质和 E-E 及半 E-E 形

贴片缩减天线的尺寸，采用共面临近耦合馈电展宽天线的带宽。其设计方法对无线通信中宽带小型化微带贴片天线的设计具有参考价值。

参考文献：

- [1] 李鑫, 丁军, 吕晓德. 一种用于 WLAN 的 U 形槽加载的双频贴片微带天线[J]. 中国科学院大学学报, 2007, 43(3): 380-383. LI X, DING J, LV X D. A modified dual-band microstrip patch antenna with a U-slot[J]. Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, 2007, 43(3): 380-383.
- [2] 焦永昌, 潘雪明, 王泽美, 等. 一种开双 H 形槽的新型宽带微带天线[J]. 电波科学学报, 2005, 20(5): 656-659.

- JIAO Y C, PAN X M, WANG Z M, et al. Novel wideband double H-shaped aperture-coupling microstrip antenna[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2005, 20(5): 656-659.
- [3] ANSARI J A, DUBEY S A, SINGH P, et al. Analysis of V-slot loaded patch for wide-band operation[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2008, 50(12): 3069-3075.
- [4] 杨放, 卫铭斐, 王民, 等. 小型化缝隙加载圆极化及宽带微带贴片天线设计[J]. 电信科学, 2015, 31(11): 68-72.
- YANG F, WEI M F, WANG M, et al. Design of compact circularly-polarized and broadband slot-loaded microstrip patch antenna[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(11): 68-72.
- [5] YANG F, ZHANG X X, YE X N, et al. Wide-band E-shaped patch antennas for wireless communications[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2001, 49(7): 1094-1100.
- [6] WONG K L, HSU W H. A broad-band rectangular patch antenna with a pair of wide slits[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2001, 49(9): 1345-1347.
- [7] BZEIH A, CHAHINE S A, KABALAN K Y, et al. An improved broadband E patch microstrip antenna for wireless communications[J]. Radio Science, 2007, 42(6): 507-530.
- [8] DESHMUKH A A, KUMAR G. Compact broadband E-shaped microstrip antennas[J]. Electronics Letters, 2005, 41(18): 989-990.
- [9] ANTONIO C O P, BULLA G, SERAFINI P, et al. Optimization of E-shaped patch antenna[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2010, 52(7): 1556-1561.
- [10] ISLAM M T, SHAKIB M N, MISRAN N. Broadband E-H shaped microstrip patch antenna for wireless systems[J]. Progress in Electromagnetic Research, 2009(98): 163-173.
- [11] ISLAM M T, SHAKIB M N, MISRAN N. Design analysis of high gain wideband L probe fed microstrip patch antenna[J]. Progress in Electromagnetic Research, 2009(95): 397-407.
- [12] DESHMUKH A A, RAY K P. Broadband proximity-fed modified rectangular microstrip antennas[J]. IEEE Antennas and Propagation Magazine, 2011, 53(5): 41-56.
- [13] ISLAM M T. High gain microstrip patch antenna[J]. European Journal of Scientific Research, 2009, 32(2): 187-193.
- [14] 谢泽会, 王玉琴, 郝双洋, 等. 小型宽带微带天线的设计研究[J]. 电信科学, 2012, 28(2): 79-81.

XIE Z H, WANG Y Q, HAO S Y, et al. Analysis and design of antennas with miniaturization and wideband[J]. Telecommunications Science, 2012, 28(2): 79-81.

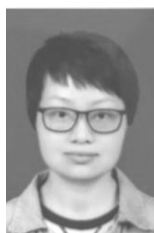
[作者简介]



杨放 (1977-), 男, 博士, 西安建筑科技大学信息与控制工程学院副教授, 主要研究方向为电磁场理论、微波与天线技术。



卫铭斐 (1974-), 男, 西安建筑科技大学信息与控制工程学院副教授, 主要研究方向为应用电子技术。



周军妮 (1977-), 女, 博士, 西安建筑科技大学信息与控制工程学院讲师, 主要研究方向为智能信息处理。



王纯 (1983-), 女, 博士, 西安建筑科技大学信息与控制工程学院副教授, 主要研究方向为阵列信号处理。

王民 (1959-), 男, 西安建筑科技大学信息与控制工程学院教授, 主要研究方向为智能信息处理。