

一种用于WLAN的宽频带微带天线

伍 韬* 闫丽萍 黄卡玛

(四川大学电子信息学院, 四川 成都, 610064)

摘 要 采用双层结构拓展矩形微带天线带宽, 利用有限积分法软件研究了寄生单元大小、以及两层贴片间的空气间隔对天线性能的影响。优化设计出天线在 $VSWR \leq 2$ 的情况下, 将原普通贴片天线4.5%的带宽提高到了23.6%, 且增益在整个频带范围内达到6dB以上。该天线的工作频带完全覆盖WLAN的IEEE802.11a标准(5.15~5.825GHz)。实验测量结果与数值模拟结果相吻合。

关键词 微带天线 宽频带 有限积分法软件 双层结构

Design of a Broadband Patch Antenna for WLAN

Abstract: A two-layer broadband rectangular microstrip patch antenna is presented. The effects of size of the top layer patch as well as the air gap between two stacked layers on the performance of the antenna are investigated using a software based on finite integral method. The bandwidth of the optimized is enhanced to 23.6% with respect to the center frequency of 5.5GHz, compared to 4.5% of a traditional patch antenna. Moreover, the gain of the two-layer antenna reach more than 6dB at the frequency range from 5.1GHz to 6.0GHz, which is cover the IEEE802.11a standard (5.15~5.825GHz) for WLAN. Experimental results are in agreement with the simulation results.

Keyword: Microstrip Antennas, Broadband, Finite Integral Method, two-layer

1 引言

微带天线具有体积小、重量轻、剖面低、易与载体共形、成本低等优点而得到了广泛应用, 但微带天线也存在明显的缺陷: 频带窄, 普通微带天线的带宽仅有5%左右[1]。为了满足现代通信的需要, 人们已研究出多种技术来克服这个缺点。常用的技术包括采用厚介质基板[2]、多层结构[3-4]、L形馈电[5]、多谐振器结构[6]、在贴片上开槽[7-9]、对馈电路采用宽带阻抗匹配等。

本文利用基于有限积分法的软件设计了一种双层结构矩形微带天线带宽, 研究了各参数对天线性能的影响, 通过调整寄生单元贴片尺寸、两层贴片之间的空气间隔等这些参数, 最终优化得到的微带天线的带宽(对应于 $VSWR \leq 2$)从单层结构的4.5%提高到了23.6%, 满足IEEE802.11a标准, 频率范围5.15~5.825GHz, 增益在整个频带范围内在6dB以上。

*作者简介: 伍韬, 1984年4月生, 男, 江西南昌人, 现为四川大学电子信息学院电磁场与微波技术专业研究生, 研究方向天线设计、电磁场数值计算。

2 传统矩形微带天线的设计

首先设计了一普通矩形微带贴片天线,为了使工作频带满足IEEE802.11a标准,矩形贴片天线的中心谐振频率 f_0 为5.5GHz。图1为普通微带贴片天线的结构示意图。为便于加工,选取市面上常见的聚四氟乙烯介质基板,其介电常数 $\epsilon_r=2.65$,厚度 $h=2\text{mm}$ 。经计算得贴片长度 $L=15.6\text{mm}$,贴片宽度 $W=19\text{mm}$ 。考虑到有限大接地板的影响,选取介质基板长度 $L_S=39.6\text{mm}$,介质基板宽度 $W_S=43\text{mm}$ [11]。采用同轴馈电,馈电点位置 $x=3\text{mm}$ 。经软件模拟得VSWR值随频率变化如图2所示。

由图2可知,该贴片天线谐振在5.5GHz,当VSWR=2时,天线的带宽为5.38GHz到5.63GHz,即250MHz的带宽,相对带宽为4.5%,频带较窄。

3 双层结构矩形微带天线的设计

为了展宽上述天线的带宽,在普通矩形微带天线的基础上,增加一层寄生辐射单元形成双层矩形微带天线,其原理是利用双层贴片耦合,使上下两个贴片的谐振频率接近且谐振带宽相互交叠,从而达到展宽带宽的目的[1]。双层结构同样采用同轴馈电,如图3所示。图中上下两个矩形贴片的长度分别为 L_2 和 L_1 ,宽度分别为 W_2 和 W_1 ,通常上层贴片长度 L_2 略小于下层贴片长度 L_1 [1]。上下介质基板相同,厚度 $h=2\text{mm}$,介电常数 $\epsilon_r=2.65$,两层介质之间的空气间隔为 d 。

上述参数中,两层贴片的尺寸、馈电点的位置及两层贴片间空气间隔的变化都会影响到天线的整体性能。这里为方便起见,固定馈电贴片的各参数不变,只变化寄生单元的参数和空气间隔 d 以及馈电点位置来优化双层天线的结构。

3.1 寄生贴片尺寸对天线带宽的影响

固定馈电贴片的尺寸 $L_1=15.6\text{mm}$, $W_1=19\text{mm}$ 保持不变。只改变寄生贴片的长度,固定其宽边 $W_2=19\text{mm}$ 。分别取 $L_2=12\text{mm}$ 、 14mm 、 15mm 、 15.6mm 、 16mm ,用软件模拟得到VSWR随频率变

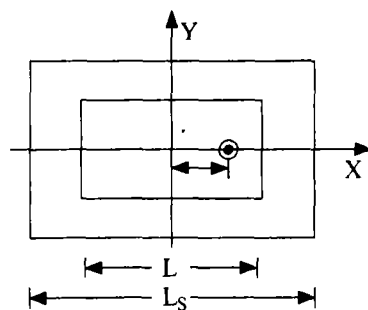


图1 普通矩形贴片天线顶视图

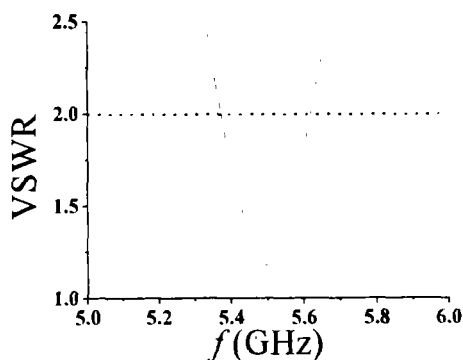


图2 传统贴片天线VSWR随频率的变化

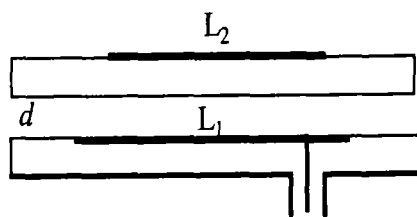


图3 双层矩形微带天线的侧视图

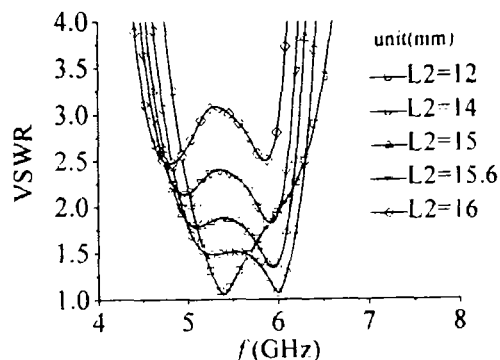


图4 不同 L_2 对应的VSWR随频率变化

化如图4所示。从图中可以看出,当 L_2 从等于 L_1 逐渐增大时,带宽会逐渐减小,且反射现象增加;当 L_2 从等于 L_1 逐渐减小时,带宽先逐渐增大,并在 $L_2=14\text{mm}$ 时达到最大,而后带宽将逐渐变小。

3.2 空气间隔对天线带宽的影响

馈电贴片和寄生贴片间的空气间隔对获得宽频带扮演着重要角色。随着空气间隔的增加,天线的总厚度也在增加,同时寄生贴片的等效介电常数减小,这两个因素同时增加天线的带宽。用软件模拟了空气间隔 d 分别取 1mm 、 2.5mm 、 3.5mm 、 4mm 、 5mm 时, VSWR随频率的变化,如图5所示。

从图中可以看到当 d 取 2.5mm 时,天线的带宽最宽。当空气间隔 d 在 0 到 2.5mm 之间变化时,天线的带宽逐渐增大,当 d 的数值从 2.5mm 开始逐渐增大时,天线带宽将逐渐减小。这是因为当 d 增加到一定的程度,馈电贴片和寄生贴片之间的耦合将逐渐减弱,从而带宽将逐渐变小。

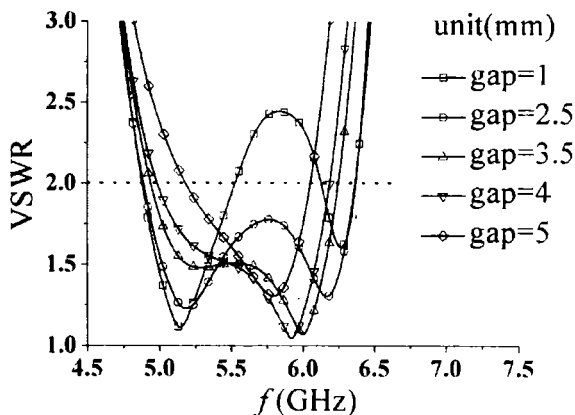


图5 不同 d 对应的VSWR随频率的变化

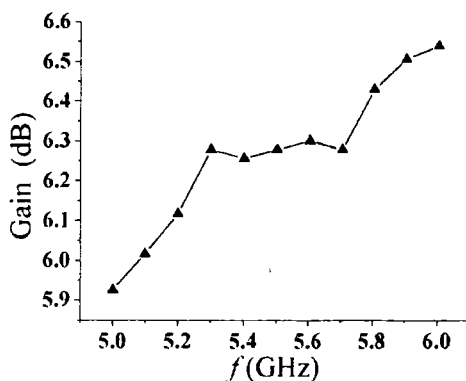


图6 增益随频率变化

4 实验结果与结论

根据上面的分析,确定了双层贴片天线的设计参数: $W_1=W_2=19\text{mm}$, $L_1=15.6\text{mm}$, $L_2=14\text{mm}$,上下介质基板相同,其中基板长度 $L_5=39.6\text{mm}$,基板宽度 $W_5=43\text{mm}$,介质基板高度 $h=2\text{mm}$,两层贴片之间的空气间隔 $d=3.5\text{mm}$ 。因 d 取 2.5mm 时, $\text{VSWR}<1.5$ 的带宽很少,故在设计中选取 $d=3.5\text{mm}$ 以获得最佳带宽。馈电点位置为 $x=7\text{mm}$ 。双层天线的增益随频率的变化如图6所示,从图中可以看到从 $5.1\sim 6.0\text{GHz}$,增益都在 6dB 以上。

将上述两个贴片加工(见图7),用厚度为 3.5mm 的泡沫板代替空气间隔,使用Agilent 矢量网络分析仪(E8362B)测量了 $|S_{11}|$ 随频率的变化。模拟结果和测量结果的比较如图8所示。可以看出,模拟结果和测量结果比较吻合。误差产生的主要原因是泡沫的厚度不均匀,导致双层天线之间的间距不等造成的。此时模拟计

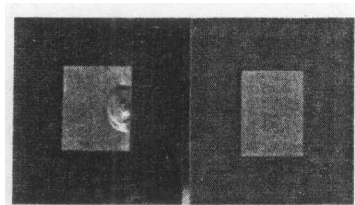


图7 双层贴片实物

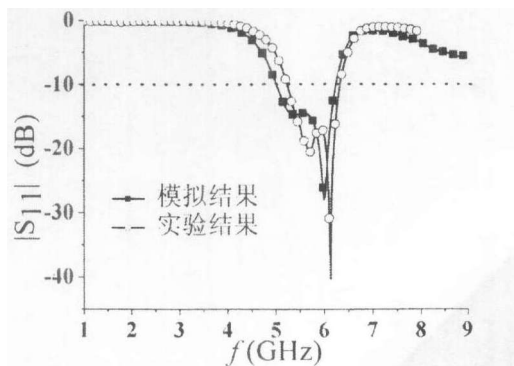


图8 模拟结果与测量结果的比较

算的带宽(对应 $|S_{11}| \leq -10\text{dB}$)已经达到1.24GHz (5.02~6.26GHz), 相对带宽为23.6%, 这个带宽比起单层结构的250MHz带宽(4.5%)有了显著提高。该天线的频带覆盖了WLAN国际标准802.11a, 5.15~5.825GHz的频率范围, 因此具有一定的实际应用意义。

参考文献

- 1 Girish Kumar, K. P. Ray, Broadband Microstrip Antennas, Boston: Artech House, 2003.
- 2 J E. Chang, S. A. Long, and W. F. Richards, Experimental investigation of electrically thick rectangular microstrip antennas, IEEE Trans. AP, 1986, 34(6): 767-772.
- 3 R. Q. Lee, K. F. Lee, Experimental Study of the two-layer electromagnetically coupled rectangular patch antenna, IEEE Trans. AP, 1990, 38(8): 1298-1302.
- 4 董玉良, 田步宁, 纪奕才, 宽频带双层微带天线研究, 微波学报, 2002, 18(1): 43-45.
- 5 K. M. Luk, C. L. Mak, Y. L. Chow, and K. F. Lee, Broadband microstrip patch antenna, Electronics Letters, 23rd July 1998, 34(15): 1442-1443.
- 6 Kumar, G., and K. C. Gupta, Directly coupled multiple resonator wideband microstrip antennas," IEEE Trans. AP, 1985, AP-33(6): 588-593.
- 7 A.A. Deshmukh and G. Kumar, Compact broadband E-shaped microstrip antennas, Electronics Letters, 1st September 2005, 41(18):
- 8 A. K. Shackelford, K. F. Lee, and K. M. Luk, Design of small-size wideband width microstrip-patch antennas, IEEE AP. Mag., 2003, 45(1): 75-83.
- 9 Deshmukh. A.A., Kumar. G. , Compact broadband S-shaped microstrip antennas, Electronics Letters, 2 March 2006, 42(5): 260 - 261.
- 10 C. Y. Chiu, K. M. Shum, C. H. Chan, and K. M. Luk, "Bandwidth enhancement technique for quarter-wave patch antennas," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2003, vol.2: 130-132.
- 11 张钧等, 微带天线理论与工程: 国防工业出版社, 1998.