

文章编号: 1006-7736(2005)01-0088-03

小型双层微带贴片天线的理论分析*

栾秀珍, 房少军, 徐天赐, 孙 渝

(大连海事大学 信息工程学院, 辽宁 大连 116026)

摘要: 对小型双层微带贴片天线进行理论分析, 指出已有文献中的错误, 并对其进行了改进, 给出了天线输入阻抗的计算公式. 利用改进后的计算公式所得计算结果与实测结果相吻合. 对天线输入阻抗和谐振频率随馈电位置的变化情况进行了研究. 结果显示天线输入阻抗随馈电位置变化, 而天线谐振频率基本不随馈电位置变化.

关键词: 微带贴片天线; 输入阻抗; 传输线法; 谐振频率; 理论分析

中图分类号: TN817

文献标识码: A

0 引言

为了解决微带贴片天线在低频应用时尺寸过大的问题, 国内外学者做了大量的研究工作, 并取得了一些研究成果^[1~4]. 最近, 文献[5]提出了一种小型双层贴片天线结构, 该贴片天线上层贴片两端短路, 下层贴片两端开路, 其尺寸比传统的 $1/2$ 波长贴片天线的尺寸减小 50%, 带宽可达 5%, 且具有较低的交叉极化水平. 文献[5]对这种天线进行了理论研究和实验研究. 然而, 利用文献[5]所给公式进行计算并不能得到与实测结果相吻合的结果. 为此, 本文对文献[5]的理论分析进行了改进, 并得到了较为满意的结果. 另外, 文献[5]没有研究天线输入阻抗和谐振频率随馈电位置变化的情况, 本文对此进行了研究, 并给出了研究结果.

1 天线结构和理论分析

1.1 天线结构

小型双层微带贴片天线的结构如图 1 所示. 其中, 上贴片宽为 w , 长为 l , 介质基片为泡沫, 厚

度为 h_2 , 贴片两端用短路片短路; 下贴片长为 L , 宽为 w , 介质基片也为泡沫, 厚度为 h_1 , 贴片两端开路, 中间开有宽为 l_1 的长缝, 通过该缝上、下两贴片之间进行耦合.

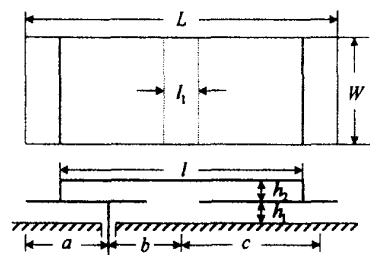


图 1 天线结构示意图

该天线利用同轴探针进行馈电, 馈电位置在贴片宽边的中心线上, 且与下贴片左端间距为 a .

1.2 理论分析

图 1 所示天线结构可等效成图 2 所示电路模型. 由传输线理论可知, 上贴片部分可看成是两段宽为 w , 长为 $l/2$ 的终端短路传输线. 在缝处, 两段传输线所呈现的输入阻抗分别为 Z_{S1} 和 Z_{S2} , 且 $Z_{S1} = Z_{S2} = jZ_0 \tan(\beta l/2)$. 对于下贴片, 缝的右边可近似看成是一段长为 $L/2$ 、宽为 w 的终端开

* 收稿日期: 2004-07-05.

作者简介: 栾秀珍(1963-), 女, 山东青岛人, 副教授.

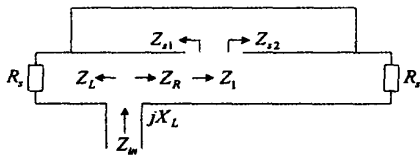


图 2 天线的等效电路模型

路线.若考虑到实际贴片开路端的边缘场效应,则需将这段传输线等效成终端接负载电阻 R_S (贴片开路端的等效辐射电阻)、长度为 $c' = L/2 + \Delta l$ 的传输线,其中, Δl 是边缘场效应等效的长度, R_S 由下式给出^[6]:

$$R_S = \begin{cases} 90 \left(\frac{\lambda}{W} \right)^2 & W < 0.35\lambda \\ \left(\frac{1}{120} \frac{W}{\lambda} - \frac{1}{60\pi^2} \right)^{-1} & 0.35\lambda \leq W < 2\lambda \\ 120 \frac{\lambda}{W} & 2\lambda \leq W \end{cases}$$

于是,在缝处下贴片右边的等效输入阻抗为

$$Z_1 = Z_0 \frac{R_S + jZ_0 \tan(\beta c')}{Z_0 + jR_S \tan(\beta c')} \quad (1)$$

在缝处, Z_{S1} 、 Z_{S2} 和 Z_1 三者串联,故缝处的总输入阻抗为 $Z_F = Z_{S1} + Z_{S2} + Z_1$. 对于下贴片,馈电探针右侧可看成一段长为 b 、宽为 W 的终端接负载阻抗 Z_F 的传输线,故从馈电探针向右看的输入阻抗为

$$Z_R = Z_0 \frac{Z_F + jZ_0 \tan(\beta b)}{Z_0 + jZ_F \tan(\beta b)} \quad (2)$$

馈电探针左边可看成一段长为 a 、宽为 W 、终端接负载电阻 R_S 的一段传输线,所以,从馈电

探针向左看的输入阻抗为

$$Z_L = Z_0 \frac{R_S + jZ_0 \tan(\beta a)}{Z_0 + jR_S \tan(\beta a)} \quad (3)$$

在馈电探针处, Z_R 与 Z_L 并联,再与馈电探针引入的等效感抗 jX_L 串联.于是,天线的总输入阻抗为

$$Z_{in} = \frac{Z_L Z_R}{Z_L + Z_R} + jX_L \quad (4)$$

式中 X_L 由下式确定^[7]:

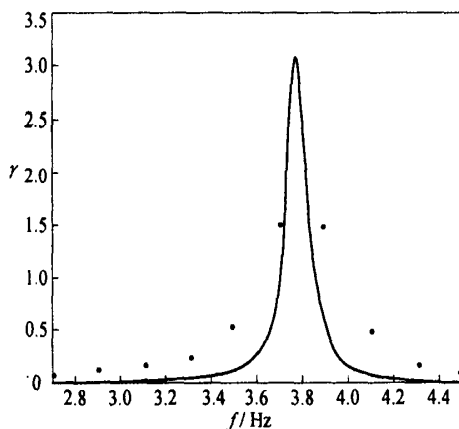
$$X_L = \frac{120\pi f h_1}{c} \ln \left(\frac{c}{\pi f d_p \sqrt{\epsilon_r}} \right) \quad (5)$$

其中: c 为真空中的光速; d_p 为探针直径; γ 为尤拉常数; ϵ_r 为介质基板的相对介电常数.

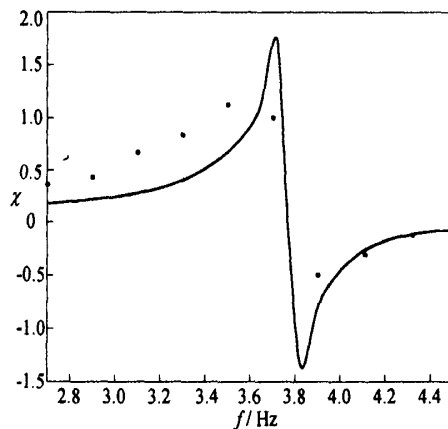
文献[5]在进行上述分析时,在式(1)处没有考虑边缘场效应的影响,故导致计算所得天线的谐振频率发生了偏移.另外,在式(2)处,文献[5]对缝处阻抗只取了下贴片部分的等效输入阻抗 Z_1 ,而漏掉了上贴片在缝处的等效输入阻抗 Z_{S1} 和 Z_{S2} ,而且,在式(4)中,文献[5]认为 Z_R 与 Z_L 串联,但由此所得结果与实测结果相差甚远.笔者认为 Z_R 与 Z_L 并联,于是得式(4)所示的结果.

2 理论计算结果

利用上述公式,本文对一具体天线进行了计算,天线参数为 $W = 20 \text{ mm}$, $L = 20 \text{ mm}$, $l = 16 \text{ mm}$, $l_1 = 2 \text{ mm}$, $h_1 = h_2 = 2 \text{ mm}$. 所得天线输入阻抗随频率的变化曲线如图 3 所示. 图中,实线为计算结果,“*”为实测结果,由图可见二者吻合较好.



(a) 归一化输入电阻



(b) 归一化输入电抗

图 3 归一化输入阻抗随频率的变化曲线

本文还对天线输入阻抗随馈电位置的变化情况进行了研究,其结果如图 4 所示. 由图可见,

天线输入电阻和天线输入电抗均随馈电探针位置变化. 另外, 本文还对天线谐振频率随馈电位置的变化情况进行了研究, 结果发现, 天线的谐振频率基本不随馈电位置变化.

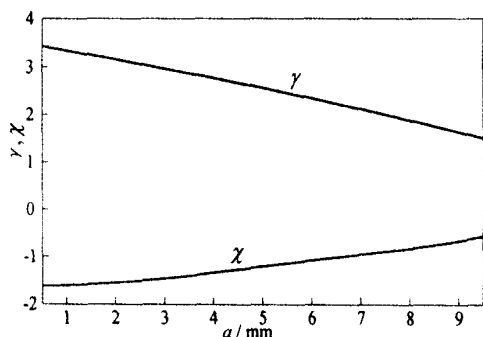


图 4 归一化输入阻抗随馈电位置的变化曲线

参 考 文 献:

- [1] LO T K. Miniature aperture-coupled microstrip antenna of very high permittivity[J]. Electron Lett, 1997, 33:9 - 10.
- [2] PINHAS S, SHTRIKMAN S. Comparison between computed and measured bandwidth of quarter-wave microstrip radiators[J]. IEEE Trans Antennas Propagat, 1988, 36:1615 - 1616.
- [3] CHAIR R, LEE K F, LUK K M. Bandwidth and crosspolarization characteristics of quarter-wave shorted patch antennas[J]. Microwave Opt Technol Lett, 1999, 22:101 - 103.
- [4] WATERHOUSE R B. Small microstrip patch antenna[J]. Electron Lett, 1995, 31:604 - 605.
- [5] RICKY Chair, LUK Kwai-man, LEE Kai-fong. Measurement and analysis of miniature multilayer patch antenna[J]. IEEE Trans Antennas Propagat, 2002, 50:244 - 250.
- [6] 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.
- [7] EDIMO M, MAHDJOUBI K, SHARAIHA A, et al. Simple circuit model for coax-fed stacked rectangular microstrip patch antenna[J]. IEE Proc Microw Antennas Propag, 1998, 145(3):268 - 272.

Theoretical analysis of miniature two-layer microstrip patch antenna

LUAN Xiu-zhen, FANG Shao-jun, XU Tian-ci, SUN Yu

(Information Eng. College, Dalian Maritime Univ., Dalian 116026, China)

Abstract: Analyzed a miniature two-layer microstrip patch antenna was analyzed, the mistakes in original article were pointed out and corrected, the formulas for calculating the input impedance of the antenna were given. The calculated results from these formulas agree with the measured results. Moreover, the relations between the input impedance or the resonant frequency and the position of coaxial probe were studied, the results show that the input impedance changes with the position of coaxial probe while the resonant frequency doesn't.

Key words: microstrip patch antenna; input impedance; transmission-line method; resonant frequency; theoretical analysis