

# 矩形圆极化微带天线设计方法

谢廷方

西南电子技术研究所 邮编 610036

## 摘要

单馈点圆极化微带天线结构十分简单,已有文章介绍,本文给出计算带宽的经验公式,增加选择参数判据,以得到这种天线简单而合理的设计。

## 一、前言

单馈点矩形圆极化微带天线的设计原理已有文章介绍〔1〕、〔2〕,本文也从圆极化幅相条件出发,从另一角度推导出相应公式,此外还建立起驻波带宽与天线参数间关系的经验公式,讨论了参数选择的判据,给出这种天线的简单而合理的设计方法。

## 二、基本原理

设矩形微带天线如图1,贴片尺寸为  $a \times b$ ,基片厚度为  $h$ ,基片介质常数为  $\epsilon_r$ ,馈电点在  $(x_0, y_0)$  处,在天线贴片法线方向有〔2〕:

$$\frac{E_x}{E_y} = A \left( \frac{k - k_{10}}{k - k_{01}} \right) \quad (1)$$

$$A = \frac{\cos\left(\frac{\pi \cdot y_0}{b}\right)}{\cos\left(\frac{\pi \cdot x_0}{a}\right)} \cdot \frac{a(k + k_{10})}{b(k + k_{01})} \quad (2)$$

$$k = k_0 \sqrt{\epsilon_r} \left( 1 - j \cdot \frac{1}{2Q_r} \right) = k' - j \cdot \frac{k'}{2Q_r} \quad (3)$$

式中  $k_{01} = \frac{\pi}{b}$ ,  $k_{10} = \frac{\pi}{a}$ ,  $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}$

$Q_r$  为天线的总品质因素。

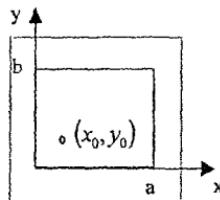


图1

由于  $a \approx b$ , 且微带天线的  $Q_r$  值较大, 我们暂且近似把  $A$  当作实数, 则圆极化的相位条件由 (1) 式括号中分子、分母的相角差确定, 为:

$$\tan^{-1}\left(\frac{k'/(2Q_r)}{k' - \pi/a}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{k'/(2Q_r)}{k' - \pi/b}\right) = \pm \frac{\pi}{2} \quad (4)$$

由三角关系解得:

$$\frac{k'/(2Q_r)}{k' - \pi/b} = \frac{\pi/a - k'}{k'/(2Q_r)} = x \quad (5)$$

$x$  可为任意实数, 但在  $\pm 1$  附近更适合设计需要, 其物理意义可由 (4)、(5) 看出, 即  $\tan^{-1} x$  表示由  $TM_{01}$  模提供的相角,  $\tan^{-1}(1/x)$  表示由  $TM_{10}$  模提供的相角, 由 (5) 式可解得:

$$\frac{b}{a} = x \frac{2Q_r + x}{2Q_r x - 1} \quad (6)$$

## 2、幅度条件

圆极化的幅度条件就是使 (1) 式的模等于 1, 即:

$$\left| \frac{\cos(\pi y_0/b)}{\cos(\pi x_0/a)} \cdot \frac{a(k+k_{10})}{b(k+k_{01})} \cdot \frac{k-k_{10}}{k-k_{01}} \right| = 1 \quad (7)$$

经运算简化后可得:

$$\cos\left(\frac{\pi x_0}{a}\right) = x \cdot \cos\left(\frac{\pi y_0}{b}\right) \quad (8)$$

由 (6) 式知, 有很多  $b/a$  值满足圆极化的相位条件, 一旦选定  $b/a$ , 就可由 (8) 式找出馈电点  $(x_0, y_0)$  以满足圆极化的幅度条件, 当然其值也是很多组的。多值性给优化设计提供了机会, 下面将对此加以讨论。

## 三、带宽公式和设计判据

由上述 (6)、(8) 式知, 要完成设计还需要知道天线的  $Q_r$  和带宽  $BW_S$ 。

### 1、带宽 $BW_S$

根据 W.A.Milligan [3] 书上提供的图表 ( $\tan(\delta) = 0.001$ ), 可得出矩形贴片微带天线的带宽经验公式为:

$$BW_S = \left[ \frac{h/\lambda_s}{0.000009\varepsilon_r^3 - 0.0002\varepsilon_r^2 + 0.00277\varepsilon_r + 0.0013} + \frac{0.0008}{(h/\lambda_s)^2} \right] \cdot \frac{S-1}{\sqrt{S}} \% \quad (9)$$

式中  $S$  表示电压驻波比， $\lambda_0$  为自由空间波长。因此给定了基片参数  $(h/\lambda_0, \epsilon_r)$  就决定了矩形微带天线的带宽  $BW_s$ ，又可由公式

$$BW_s = \frac{S-1}{\sqrt{S}} \cdot \frac{1}{Q_f} \times 100\% \quad (10)$$

确定天线的  $Q_f$  值。

## 2、设计判据

设计工作可根据多方面的要求提出多种判据，本文介绍两点，一是使圆极化带宽与驻波带宽同步的设计要求，找出相应的判据。

我们知道，(4) 式代表的是驻波带宽，在矩形贴片天线尺寸中  $a, b$  对应于两个分离的谐振频率，设为  $f_a, f_b$ ，由作者的另一篇文章〔4〕可知， $f_a, f_b$  与  $BW_s$  应满足一定关系才能保证此“宽带”天线的驻波特性。将那里的关系转化到本文，令  $y = (f_a - f_b)/BW_s$ 。对驻波比要求高时，可选  $y \leq 2$ ，例如，这里选  $y = 1.5$ ，则  $\frac{a}{b}$  或  $\frac{b}{a} \leq 1 + 1.5BW_s$ 。

二是选锁电点  $(x_0, y_0)$  使两个模基本同步达到匹配。对矩形贴片中两个模  $TM_{01}$  和  $TM_{10}$  的输入电阻可写成  $R_{01} = R_{10}^{01} \cdot \cos^2\left(\frac{\pi x_0}{b}\right)$  及  $R_{10} = R_{01}^{10} \cdot \cos^2\left(\frac{\pi y_0}{a}\right)$ 。因  $a \approx b$ ，所以  $R_{01}^{01} \approx R_{10}^{10}$ ，则有

$$\cos\left(\frac{\pi y_0}{b}\right) = \sqrt{\frac{R_{01}}{R_{10}}} \cos\left(\frac{\pi x_0}{a}\right)$$

设计时可选  $R_{01}, R_{10}$  在设计阻抗上下作少量浮动，保证两个正交模的匹配偏离最佳状态不太远，若上下浮动在 20% 已内，则有  $0.816 \leq \sqrt{\frac{R_{01}}{R_{10}}} \leq 1.225$ ，因此，上述两个判据可写成：

$$\frac{a}{b} \text{ 或 } \frac{b}{a} \leq 1 + 1.5BW_s \quad (11)$$

$$0.816 \leq x \leq 1.225 \quad (12)$$

设计时只取两式中控制更严的一个。

## 四、设计步骤

现以一例来说明设计步骤：

1、首先由所需工作带宽,初步选定基片厚度等参数。如  $\epsilon_r = 2.7$ ,  $\lambda_0 = 185.7\text{mm}$ ,

$$h = 1.5\text{mm}, h/\lambda_0 = 0.008$$

2、由(9)式算出带宽  $BW_s = 0.94\%$

3、由(10)式算出  $Q_T = 75.2$

4、比较可知,这里选用(12)式,取  $x = 1.225$

5、由(6)式算出  $\frac{a}{b} \left( \text{或} \frac{b}{a} \right) = 1.01367$

6、由(8)式算出一条  $(x_0, y_0)$  曲线,并由馈电阻抗最后选出馈电点。

按此法,我们作了一个样品,效果良好。

## 参考文献

- 1、 W.F.Richards, X.T.Lo, D.D.Harrison "An improved theory for microstrip Antenna and application" IEEE Trans Vol AP-29 pp38-46 Jan.1981
- 2、 钟顺时 微带天线原理和应用 1991
- 3、 T.A.Milligan, Modern Antenna Design 1985
- 4、 谢辽方 双扇形微带天线设计 天线学会第九届天线学术会议 1994.11

## 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](http://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](http://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](http://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>