

共面波导传输线在天线馈线设计中的应用

◆ 刘学理

摘要: 共面波导(Coplanar waveguide, CPW)是一种重要的微波平面传输线, 应用前景十分广阔; 天线则是无线通信中不可缺少的重要部件, 其性能对通信系统性能有着极大的影响。本文简要介绍了CPW的结构和特性和天线的基本原理, 并讨论了CPW在天线馈线设计中的应用, 以CPW天线和微带天线两种天线为例, 对CPW馈线设计进行了介绍和分析。

关键词: 共面波导; 天线; 馈线

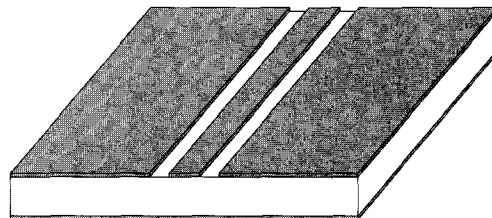
一、引言

CPW^[1]是一种常见的微波平面传输线, 具有低损耗、低色散、易于与各种微波元器件相连接等优点。目前对CPW的应用主要集中在传输线和微波毫米波集成元器件方面, 如CPW平面天线、CPW耦合器^[2]、CPW滤波器^[3]以及各种CPW转接器等^[4]。由于其独特的单平面结构, CPW还可方便的进行天线馈电, 并具有不错的馈电效果。天线可以将电路中走行的电磁信号发送到空间中, 也可以接受空间中的电磁波能量并将其转换为电路中的电磁信号, 从而达到无线传输的目的, 是各种无线通信系统不可缺少的重要部件。天线的性能无疑对整个通信系统的性能有着至关重要的影响。

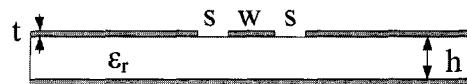
二、CPW传输线结构

随着微波集成电路的不断发展, 微波平面传输线受到的重视越来越高, 应用也越来越普及。CPW是学者C. P. Wen于1969^[1]年首次提出的平面传输线新结构, 它的独特之处在于信号导带与地位于同一平面, 因此非常便于与其他微波无源、有源器件连接, 并构成电路。近年来CPW得到了业界的广泛重视, CPW传输线本身及各种CPW器件也得到了长足的发展。具有金属底板的CPW(Conductor backed CPW, CBCPW)是在传统CPW的基础之上发展而成的, 它可以有效抑制奇模传输, 具有比传统CPW更好的性能。CBCPW的结构如图1所示。图中, 白色部分为介电常数为 ϵ_r , 厚度为h的介质基板, 介质基板上、下的灰色部分为厚度为t的金属敷层。

CPW中心导带的宽度为w, 与两侧地的间隙为s, CPW的有效介电常数 ϵ_{eff} 和特性阻抗 Z_0 可由式(1)和式(2)



(a) CPW 传输线 3D 示意图



(b) CPW 传输线 截面图

图1. 具有金属底板的CPW传输线结构

计算。

$$\epsilon_{eff} = \frac{C(\epsilon_r)}{C(\epsilon_r=1)} \quad (1)$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{LC}{C}} = \sqrt{\frac{\mu\epsilon}{C}} = \frac{\sqrt{\epsilon_{eff}\mu_0\epsilon_0}}{C} \quad (2)$$

其中, C为传输线的单位电容, $C(\epsilon_r)$ 为介质填充下的单位电容, 而 $C(\epsilon_r=1)$ 为空气填充的单位电容。

三、天线的基本原理

天线可以看做一种电路元器件, 它的功能是将传输线上的电磁波转换成真空中传播的平面波。因此, 天线的一侧是电路元件, 而另一侧则提供了和传输平面波的界面。本质上, 天线是可以双向工作的, 能够用做发射天线, 也可用做接收天线。用来描述天线工作特性的参数很多, 例如功率、方向图、增益以及效率等。

考虑处于球坐标系原点的天线, 任意天线辐射的电场可以表示为

$$\hat{E}(r, \theta, \phi) = \left[\hat{\theta} F_\theta(\theta, \phi) + \hat{\phi} F_\phi(\theta, \phi) \right] \frac{e^{-jk_0 r}}{r} V/m \quad (3)$$



其中 \vec{E} 是电场矢量， $\hat{\theta}$ 和 $\hat{\phi}$ 是球坐标系中的单位矢量， r 为距原点的径向距离， $k_0=2\pi/\lambda$ 为真空传播系数，波长 $\lambda=c/f$ 。(3)式中定义了辐射方向图函数 $F_\theta(\theta, \phi)$ 和 $F_\phi(\theta, \phi)$ 。

电场沿径向传输，其相位变化为 e^{-jk_0r} ，而振幅变化为 $1/r$ 。电场可以在 $\hat{\theta}$ 和 $\hat{\phi}$ 方向偏振，但是不能延径向偏振，因为它是TEM波。式(3)的电场相应的磁场可以由(4)式得到，起具体形式为

$$\begin{aligned}\vec{H} &= \frac{j}{\omega\mu_0} \nabla \times \vec{E} = \frac{j}{\omega\mu_0} \nabla \times (\vec{E}_0 e^{-jk_0r}) = \frac{-j}{\omega\mu_0} \vec{E}_0 \times \nabla e^{-jk_0r} \\ &= \frac{-j}{\omega\mu_0} \vec{E}_0 \times (-jk_0) e^{-jk_0r} = \frac{k_0}{\omega\mu_0} \vec{n} \times \vec{E}_0 e^{-jk_0r} \quad (4) \\ &= \frac{1}{\eta_0} \vec{n} \times \vec{E}_0 e^{-jk_0r} = \frac{1}{\eta_0} \vec{n} \times \vec{E}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_\phi &= \frac{E_\phi}{\eta_0} \quad (5) \\ H_\theta &= \frac{-E_\phi}{\eta_0}\end{aligned}$$

(5)式为与电场相对应的磁场，其中 $\eta_0=377\Omega$ 是空中的波阻抗。

四、CPW在天线馈线中的应用

电路和天线需要通过馈线连接，常用的馈电方式有微带线底馈和侧馈等。随着CPW电路的不断发展及CPW本身的性能优势，CPW馈电得到了越来越多高的重视。以下针对CPW天线^[7]和微带天线^[8]两种情况对CPW馈电方式进行介绍和分析。

4.1 CPW天线的CPW馈电

图2为使用CPW对CPW天线进行馈电的结构。CPW的中心导带直接连接到辐射贴片天线，而两端的导体地则直接延伸到CPW天线的地平面。

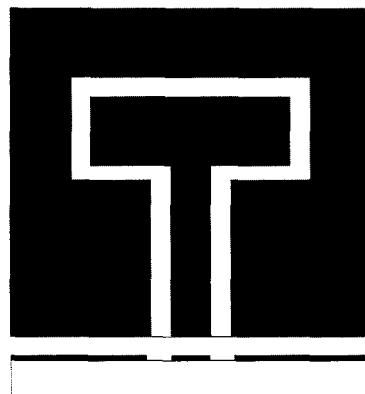


图2 CPW馈电CPW天线结构图

采用该馈电方式的S11曲线和辐射方向图分别如图3和4所示。可以看出，采用CPW馈电方式可以达到较好的馈电带宽和辐射效果。

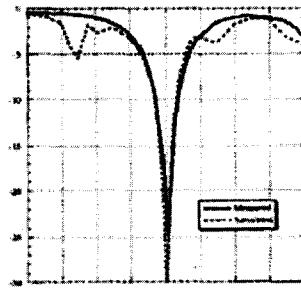


图3 CPW馈电CPW天线S₁₁曲线^[7]

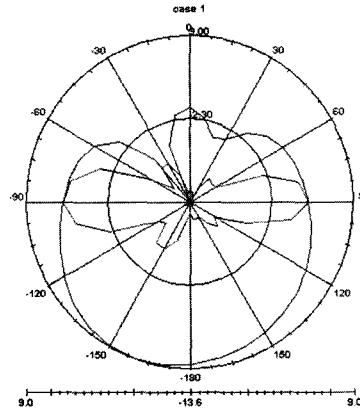


图4 CPW馈电CPW天线辐射方向性图^[7]

4.2 微带天线的CPW馈电

另一种CPW馈电的圆形微带贴片UWB天线和辐射方向图如图5所示。

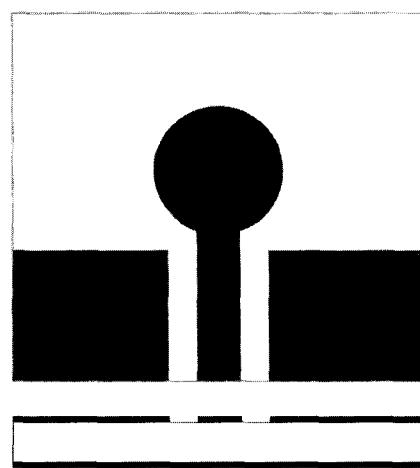
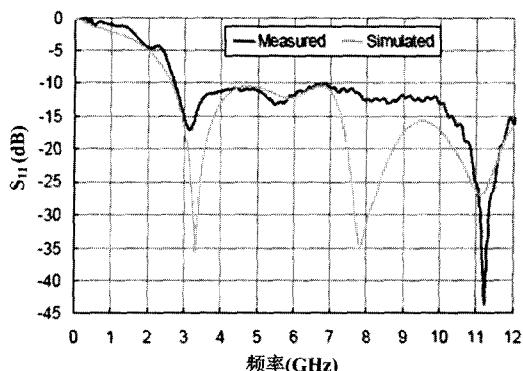
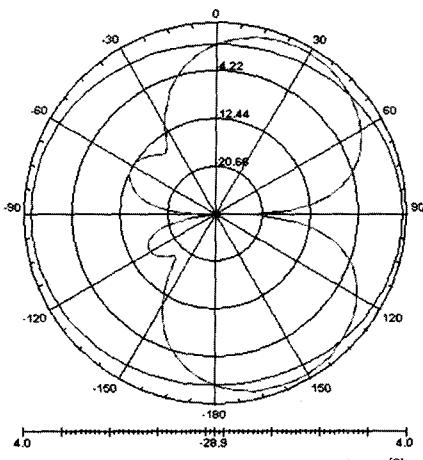


图5 CPW馈电微带UWB天线结构图

该天线采用圆形的微带贴片作为辐射单元，CPW的中心导带直接与辐射单元相连，而两侧的导体平面则进行开路处理。该天线的S11特性曲线和辐射方向性图分别如图6和图7所示。易看出，采用CPW作为馈线的圆形微带天线具有很宽的辐射带宽和较为均匀的方向性图。

图6 CPW馈电微带UWB天线S₁₁曲线^[8]图7 CPW馈电微带UWB天线方向性图^[8]

五、结束语

本文在对CPW传输线和天线基本原来的基础上，讨论了使用CPW作为天线馈线的应用，并以CPW天线和微带天线两种情况为例，对CPW馈电技术进行了介绍和分析，使用CPW馈电可以得到很好的馈电效果，同时因其单层的平面结构，在结构设计上也有着极大的便利。随着CPW及微波平面集成电路的不断发展，CPW馈电技术也必将得到越来越高的关注和越来越广泛的应用。



参考文献

- [1] C. P. Wen/Coplanar waveguide:A surface strip transmissionline suitable for nonreciprocal gyro-magnetic device applications[C]. IEEE Trans. on MTT,1969,17(12):1087-1090.
- [2] C. P. Wen.Coplanar waveguide directional couplers[C]. IEEE Trans. MTT.,1970,18(12): 318-322.
- [3] V F Fusco and Q Chen.Slotline to Coplanar Waveguide Band-Stop Filter Modelling[J].Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems,2000:125-130.
- [4] Lei ZHU,Ke WU.Hybrid FGCPW/CPS scheme in the building block design of low-cost uniplanar and multilayer circuit and antenna[C]. IEEEEMTT-S International Microwave Symposium,1999:867-870.

[5] J. S. Chen and S. Y. Lin.Triple-frequency rectangular-ring slot antennas fed by CPW and microstrip line[M].Microwave Opt Technol Lett.,2003,37:243-246.

[6] T. F. Huang,S. W. Lu and P. Hsu.Analysis and design of coplanar waveguide-fed slot antenna array[C].IEEE Trans Antennas Propag at,1999,47:1560-1565.

[7] K. Li*, C. H. Cheng, T. Matsui and M. Izutsu.Coplanar Patch Antennas:Principle, Simulation and Experiment.IEEE APS Int. symposium,Boston,2001,3:402-405.

[8] L. Guo,J. Liang,C. G. Parini and et al.A Time Domain Study of CPW-Fed Disk Monopole for UWB Applications[C].APMC2005,2005:100-104.

(作者单位：河南省广播电影电视局)



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>