

双端口馈电微带漏波天线的仿真研究^{*}

李元新, 龙云亮

(中山大学电子与通信工程系, 广东 广州 510275)

摘 要: 对双端口馈电微带漏波天线的辐射特性进行了理论研究。通过改变微带漏波天线两端馈电端输入电流相位差, 可以使微带漏波天线的主波束形式在单双波束扫描形式之间转换。仿真结果符合设计预期。而且发现了双端口馈电微带漏波天线的一种新特性, 该特性可望应用于实现微带漏波天线频率固定下的主波束扫描。

关键词: 微带漏波天线; 双端口馈电; 相位差

中图分类号: TN820.1⁺5 文献标识码: A 文章编号: 0529-6579 (2003) 05-0122-03

微带漏波天线作为一种有效的微带天线, 由于其结构简单, 低截面, 频控主波束方向可调, 易于耦合等优点近年来越发受到重视。Menzel 首先指出了可以利用微带在高阶模时的泄漏特性制造天线^[1], 但此时对此类天线的理论研究还处于起步阶段。直到 1987 年, Oliner^[2]完整地阐述了微带在第 1, 2, 3 高阶模下电波传输特性, 以及使用横向谐振法计算了漏波天线不同高阶模下的漏波传输常数 $k_z = \beta_z - j\alpha_z$, 微带漏波天线的理论体系才得以完善。近年来, 随着对微带漏波天线研究的深入, 其在雷达防撞和汽车定位方面得到了广泛的应用。

近年来, 主波束为单波束扫描的单端馈电微带漏波天线^[3]和主波束为双波束扫描的单端馈电微带漏波天线得到了充分的研究^[3]。对于微带漏波天线单双波束扫描形式转换的研究也有所涉及, 文献 [4] 提出了一个利用三端馈电网络来控制双端馈电微带漏波天线的主波束扫描形式转换, 通过调节可控三极管偏压来控制馈电端是否存在激励源, 从而实现主波束单双波束转换。而文献 [5], 提出了一种通过相位差来控制单双波束转换的微带漏波天线, 但其实验结果与文献 [4] 的结果产生矛盾。本文中, 对双端馈电微带漏波天线辐射特性进行了研究, 希望通过控制微带漏波天线两端馈电端口间相位差实现主波束单双波束形式的转换。而且发现了微带漏波天线主波束扫描的一个新特性。双端口馈电微带漏波天线结构示意图见图 1。

1 漏波天线的辐射特性

微带漏波天线工作于第一高阶模时, 产生空间漏波辐射, 其主波束方向依赖于工作频率, 具有频扫特性。微带漏波天线辐射特性可以用漏波传输常

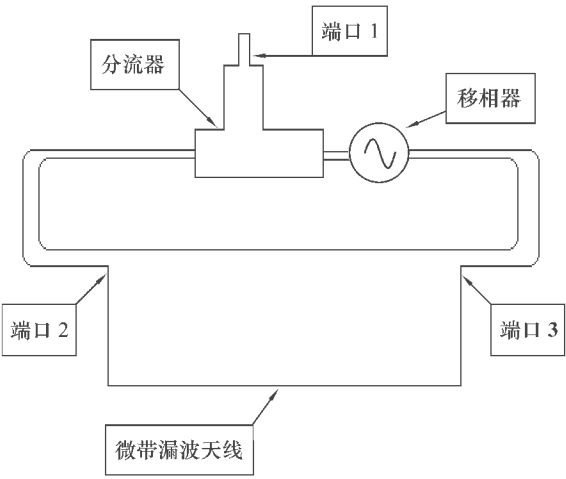


图 1 双端口馈电微带漏波天线结构示意图

Fig 1 Layout of the microstrip leaky wave antenna

数 $k_z = \beta_z - j\alpha_z$ 来说明, 其中 β_z 为漏波相位常数, α_z 为漏波衰减常数。当 β_z 满足 $\beta_z < k_0$ 时, 微带漏波天线工作于第一高阶模, 能量以空间波的形式向外辐射。微带漏波天线的主波束方向 (侧射方向) 可由下式给出:

$$\sin \theta = \frac{\beta_z}{k_0} \tag{1}$$

天线辐射主波束方向随着工作频率的增大向端射方向偏移。

对于单端馈电的微带漏波天线, 可以把微带天线等效为两条相隔间距为 W 的等效磁流。根据远场区公式可以轻易得到微带漏波天线远场区场表达式^[2]:

$$E_r \cong E_\theta \cong 0$$

^{*} 收稿日期: 2003-02-25

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目 (001171); 中山大学学科建设资助项目

作者简介: 李元新 (1979 年生), 男, 博士研究生; 通讯联系人: 龙云亮; E-mail: lipbzn@163.net

$$E_{\varphi}=f(r,\theta,\varphi)\frac{\exp(-jZL)-1}{Z}\tag{2}$$

$$Z=k_z-k_0\cos\theta\tag{3}$$

$$f(r,\theta,\varphi)=\frac{k_0Eh\exp(-jk_0r)}{\pi r}\cdot\sin\theta\cos\left[k_0\frac{W}{2}\sin\theta\cos\varphi\right]\tag{4}$$

其中， $k_0=\frac{2\pi}{\lambda_0}$ 为波数； $\varphi=90^\circ$ ； L 为微带漏波天线贴片长度，一般选取为工作频率波长的 5 倍； $f(r,\theta,\varphi)$ 为方向系数。此式并未考虑由于微带开口效应导致的反射波影响。

对于双端口馈电微带漏波天线，当两端馈电电流相位差为 α 时，其远场区的表达式可以轻易从 (2) 式得到：

$$E_{\varphi}=f(r,\theta,\varphi)\cdot\left[\frac{\exp(-jZ_1L)-1}{Z_1}+\frac{\exp(-jZ_2L)-1}{Z_2}\right]\tag{5}$$

$$\begin{aligned}Z_1&=K_z-K_0\cos\theta\\Z_2&=k_z-\cos(\pi+\alpha)k_0\cos\theta\end{aligned}\tag{6}$$

双端口馈电微带漏波天线可以有效地抑制由于微带开口效应导致的反射波影响。反射波主要是由于在有限的微带天线长度下，开口端无匹配负载。而双端口馈电的情况下，每个馈电端本身的平衡负载可以看作为在开口端上的加载，从而有效地抑制反射波的形成。

2 天线设计以及仿真结果

双端口馈电微带漏波天线结构示意图见图 1。此天线系统主要由三部分构成：微带漏波天线，分流器以及移相器。微带漏波天线为本系统的辐射单元，为了满足微带漏波天线特定的工作条件，选取天线参数为： $W=15\text{ mm}$ ， $L=180\text{ mm}$ ， $h=0.794\text{ mm}$ ， $\epsilon_r=2.32$ ，选择工作频率为 7 GHz。电流由端口 1 输入，分流器把输入电流分为两路同相电流，分别激励于微带漏波天线端口 2 和端口 3 的馈电端口。为了使微带漏波天线工作于第一高阶模，两端馈电电流必须不均匀。移相器用于调节天线两端馈电端口间的相位差，以实现微带漏波天线单双波束扫描形式的转换。

由式 (5) 可见，双端馈电微带漏波天线的辐射场可以等效为两个反向单端馈电微带漏波天线的辐射场之叠加。当两端馈电端口相位差为 0 时，实际上微带漏波天线两端同时馈电，根据微带漏波天线的性质^[3]，可知此时天线处于双波束扫描状态。调节移相器，当两端馈电端口相位差为 180 时，此时微带漏波天线可以看作为单端馈电，根据微带漏

波天线性质^[3]，这时天线工作于单波束扫描状态，而且天线功率比两端同相时小。当移相器在 0 ~ 180 间调整输入电流相位差时，微带漏波天线的主波束形式会有相应的变化。

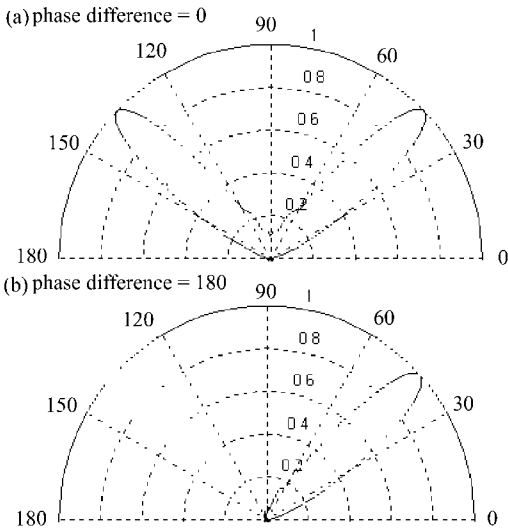


图 2 微带漏波天线两端馈电端口输入电流相位差为 0 及 180 时主波束归一化方向图
Fig. 2 Pattern as the phase difference=0, 180

由式 (5) 可以得到一系列仿真结果，由图 2 可知，通过控制双端馈电微带漏波天线馈电端口间相位差可以实现主波束的单双波束形式转换。在图 2 (a) 中，此时微带漏波天线两端馈电端口输入电流相位差为 0，微带漏波天线主波束归一化远场方向图为双波束扫描形式；而在图 2 (b) 中，此时微带漏波天线两端馈电端口输入电流相位差为 180，微带漏波天线主波束为单波束扫描形式。

当馈电端口输入电流相位差在 0 ~ 45 间变化时，微带漏波天线主波束远场方向图发生变化。图 3 中，当双端馈电端口输入电流相位差控制在 0 ~ 45 内时，相位差逐渐增大，微带漏波天线主波束的左侧主波束方向发生偏移，此时主波束形式还比较完整，主波束虽然出现衰减，但衰减幅度不大。可望利用此特性实现微带漏波天线频率固定下主波束扫描。双端口馈电微带漏波天线主波束远场方向图仿真结果符合预期。

3 结 论

可见，通过使用移相器调节微带漏波天线两端馈电端口电流相位差，可以控制微带漏波天线波束形式，实现单双波束扫描形式之间的转换。而且整个过程都是电控，不涉及机械控制。通过对仿真结果的分析，可见双端口馈电微带漏波天线在馈电端口间相位差不大时，可以通过控制端口间相位差使主波束发生偏移，而且波束衰减幅度不大。双端口

馈电微带漏波天线此特性可用于实现频率固定下微带漏波天线主波束扫描, 广泛地应用于移动通信以及雷达防撞系统, 而且能应用于微带漏波天线阵的设计。

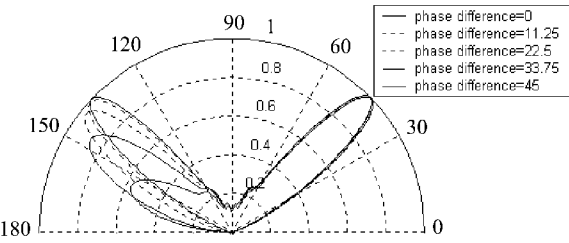


图 3 微带漏波天线两端馈电端口
输入电流相位差为 0~45

Fig 3 Pattern as the phase difference
varies between 0~45

参考文献:

[1] MENZEL W. A new travelling wave antenna in microstrip [J] . AEU, 1979, 33(4): 137—140.

[2] OLINER A. leakage from higher modes on microstrip line with application to antennas[J] . Radio Science, 1987, 22 (5): 907—912.

[3] LUXEY C, LAHEURTE J M. Simple design of dual-beam antennas in microstrip[J] . IEE Proceeding of Microwave, Antennas & Propagation, 1997, 144(6): 397—402.

[4] WANG C J, JOU C F, WU J J. A new two-terminal feeding active leaky wave antenna [J] . IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1998, 46(11): 1749—1750.

[5] WANG C J, CHIH Y C, JOU C F. Beam-switchable scanning leaky wave antenna[J] . Electronic Letters, 2000, 36(7): 596—597.

[6] WANG C J, JOU C F, CHEN I Y. Electronically switchable beam patterns using leaky-wave antenna[J] . IEEE, 2001

Simulation of a Microstrip Leaky Wave Antenna
with Two-Terminal Feeding

LI Yuan xin, LONG Yun liang

(Department of Electronics & Communication Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The theoretical analysis of a microstrip leaky wave antenna fed by two terminals is presented. Besides the beam switchable property, a new character of the beam scanning at the fixed frequency of the antenna was discovered, which is believed to be useful in the application of mobile communications.

Key words: microstrip leaky wave antenna; two terminal feeding; phase difference

(上接第 118 页)

1-可扩偶图的刻划

娄定俊,王 伟

(中山大学计算机科学系, 广东 广州510275)

摘 要: 设 G 是一个具有二分类 (X, Y) 的偶图且 M 是 G 的一个完美对集. 文章证明: G 是 1-可扩图当且仅当 G 有如下耳朵分解 $G = e + P_1 + P_2 + \dots + P_r$ 使得 $e \in M$ 并且每个 P_i 是起始和终止边都在 $E(G) \setminus M$ 中的 M -交错路. 文章还给出一个有效算法判定一个偶图是否 1-可扩图并找出该图的耳朵分解.

关键词: 偶图; 1-可扩图; 耳朵分解; M -交错路

中图分类号: O157.5 **文献标识码:** A