

应用于 TPMS 的 PCB 螺旋天线的设计与实现*

廖敏娜,张向文,许勇,潘明

(桂林电子科技大学 计算机科学与工程学院,广西 桂林 541004)

摘要: 针对 TPMS 中发射天线安装空间有限这一难点,提出了一种 PCB 螺旋天线。采用将螺旋天线加工于 PCB 上的结构,极大地减小了天线尺寸。设计出的天线具有良好的全向性,加入匹配网络后,在工作频率 433.92 MHz 处的回波损耗值约为 -40 dB,满足 TPMS 发射天线的性能要求。根据优化结果制作了该天线,测试结果与仿真结果基本吻合,实物尺寸为 20 mm×16.7 mm×10 mm,实现了小型化。

关键词: TPMS; PCB 螺旋天线; 全向性; 小型化

中图分类号: TN823+.31

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2011)11-0110-03

Design and realization of a PCB Helical antenna for TPMS

Liao Minna, Zhang Xiangwen, Xu Yong, Pan Ming

(School of Computer Science and Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: The TPMS transmitting antenna must be installed in a limited space, which is a difficulty in antenna design. A kind of PCB helix antenna is proposed in this text to solve it. This kind of helix antenna is made on PCB and this structure can greatly reduce the size of the antenna. This antenna is Omni-directional and has a return loss of about -40 dB when it works at the frequency of 433.92 MHz. These performances meet the requirements of The TPMS transmitting antenna. The antenna is made based on the optimal result and the testing results agree very well with the simulation results. Its size is 20 mm×16.7 mm×10 mm which has achieved compact size.

Key words: TPMS; PCB helix antenna; omni-directional; compact

汽车轮胎压力监视系统(TPMS)可以在汽车行驶时实时地对轮胎气压进行自动监测,对轮胎漏气、低气压、高气压进行预警,以保障驾乘者行车安全^[1]。TPMS 发射天线工作于频率 433.92 MHz,信号收发距离小于 10 m,安装在轮胎内部的胎压检测模块上。为了保证汽车行驶时数据传输准确可靠,要求天线具有全向性。同时由于安装空间有限,并且整个模块只由一块锂电池供电,要求天线体积小、发射效率高。随着 TPMS 的快速发展,在保证基本性能的基础上,小型化天线的研究显得越来越重要。

目前比较常用的 TPMS 天线类型有倒 F 螺旋天线^[2-3]和小环天线^[4],倒 F 螺旋天线性能较好,但占用空间大,而小环天线体积虽小,但发射效率低。本文结合实际需求,设计并制作了一种小型的 PCB 螺旋天线,被加工在一块面积只有 20 mm×16.7 mm 的聚四氟乙烯板上。PCB

螺旋天线与传统螺旋天线相比,在总长度相同的情况下,天线尺寸大幅度减小。此外金属导线固定在 PCB 板上,长度、宽度和距离等参数大小容易控制,因此这种天线具有小尺寸、易制作的特点。实验结果表明该天线可工作于频率 433.92 MHz,具有良好的全向性,满足 TPMS 发射天线的性能要求。

1 天线的结构

PCB 螺旋天线的结构如图 1 所示,该天线由 11 圈螺旋构成。在长方形介质基板的两面分别印刷金属导线,宽度一致,两端有导通孔,其内壁覆铜,用来连接两层的金属。馈电线与图 1(b)中右上角最大的导通孔相连接,其余的导通孔直径大小相同。从 PCB 板制作工艺上考虑,为了确保金属的连接,设计时每个导通孔周围要加上焊盘。

2 天线的设计与仿真

天线的工作频率取决于天线本身的尺寸。从天线的

《微型机与应用》2011 年第 30 卷第 11 期

* 基金项目: 国家自然科学基金(60804059); 广西自然科学基金项目(2010GXNSFA013130)

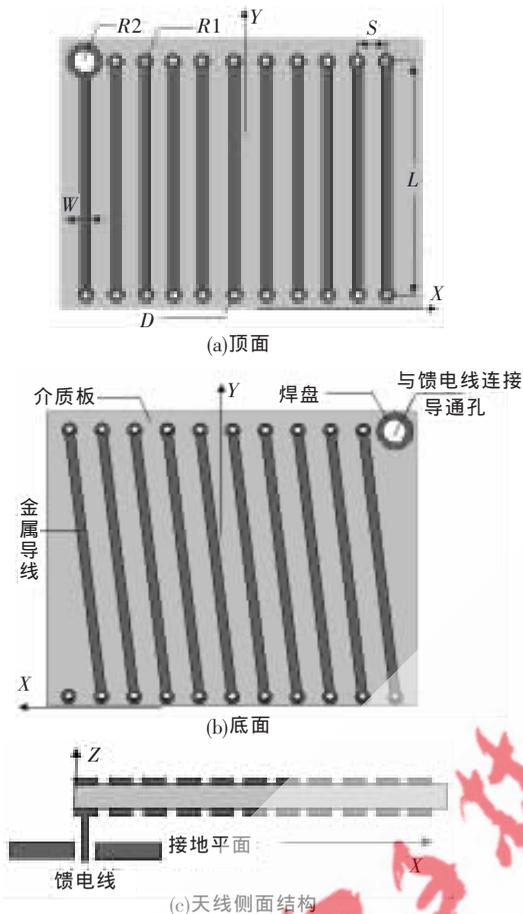


图1 PCB螺旋天线结构示意图
 L :金属导线长度; S :相邻导通孔的中心距离,相当于螺距; W :金属导线宽度; $R1$:小导通孔直径; $R2$:大导通孔直径; D :焊盘宽度

图1 PCB螺旋天线结构示意图

结构可以看出,这种螺旋天线的缠绕非常密集。根据螺旋天线的特性,密集的缠绕会产生寄生感抗,导致螺旋天线的谐振频率增加^[5],因此在设计时总长度应该比理论长度稍短。

本文使用软件 CST MICROWAVE STUDIO 进行仿真。采用介电常数为 2.5、厚度为 1.6 mm 的介质基板。为了满足小型化的要求,在设计时需要选用最小的 PCB 工艺尺寸。因此,根据天线制作的实际情况,在仿真时,部分参数是固定的,只能通过调节参数 L 和 S 来达到所需要的频率。

通过对天线的建模仿真,得出了天线谐振特性与金属导线长度 L 和螺距 S 之间的关系,如表 1 所示,其中 F 为中心频率。从表 1 中可以看出: S 不变时,随着 L 的增大,谐振频率减小; L 不变时,随着 S 的增大,谐振频率增大。

表 1 参数 L 和 S 对天线性能的影响

S/mm	1.8	1.8	1.8	1.85	1.95
L/mm	14.3	14.75	14.8	14.8	14.8
F/MHz	466	437	434	437.5	444

经过优化后,天线参数设计如表 2 所示。

《微型机与应用》2011 年第 30 卷第 11 期

表 2 天线参数取值

参数	L	S	W	$R1$	$R2$	D	H
尺寸/mm	14.8	1.8	0.5	0.5	1.4	0.3	10

仿真得到的天线方向图具有良好的全向性,如图 2 所示。

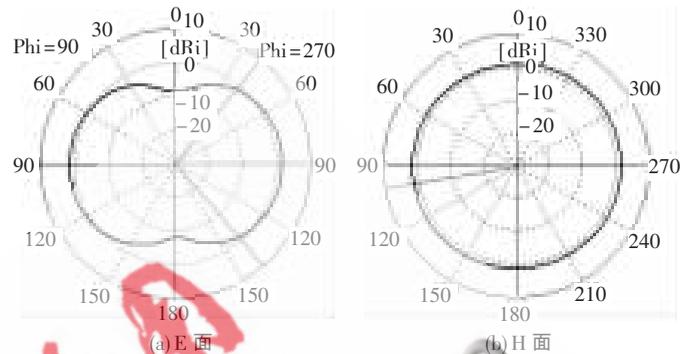


图 2 PCB螺旋天线方向图

由于天线阻值较小,约为 3.58Ω 左右,因此需要外接匹配电路与 50Ω 输入阻抗相匹配。本文中采用 T 型匹配电路,在软件 ADS 中进行仿真,得到 S_{11} 曲线如图 3 所示。从图中可以看出天线的有效工作频段为 $432.6 \sim 435.2 \text{ MHz}$ ($S_{11} < -10 \text{ dB}$)。虽然带宽较窄,但在工作频率 433.92 MHz 处的 S_{11} 约为 -40 dB ,满足信号发射的条件。

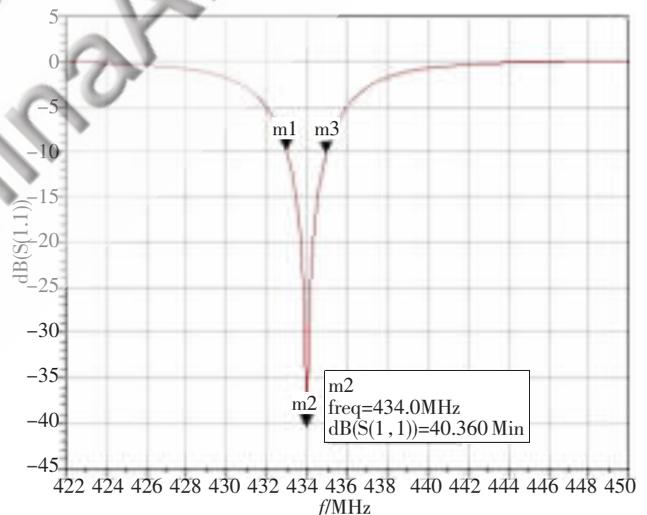


图 3 ADS 仿真图

3 天线的制作与测试

根据实际工程经验,PCB 板介质的损耗对天线的增益有很大的影响。当介质损耗角正切不变时天线增益则随介电常数 ϵ 的增大而减小^[6]。因此选择稳定性好、损耗很低的聚四氟乙烯介质板来制作天线。天线的尺寸为 $20 \text{ mm} \times 16.7 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 。

实测得到的 S_{11} 曲线如图 4 所示,与仿真得到的结果基本吻合,验证了设计的可行性。但由于匹配电路设计使用的是自制电感,另外加工精度不高,导致实测

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 121

得到的 S_{11} 值小于仿真值。天线的有效带宽为 432.2~435.3 MHz ($S_{11} < -10$ dB), 频率 433.92 MHz 处的 $S_{11} < -15$ dB, 可用作 TPMS 中胎压检测模块中的信号发射天线。在实际应用时, 匹配电路可使用体积小、高品质的贴片电容和电感。

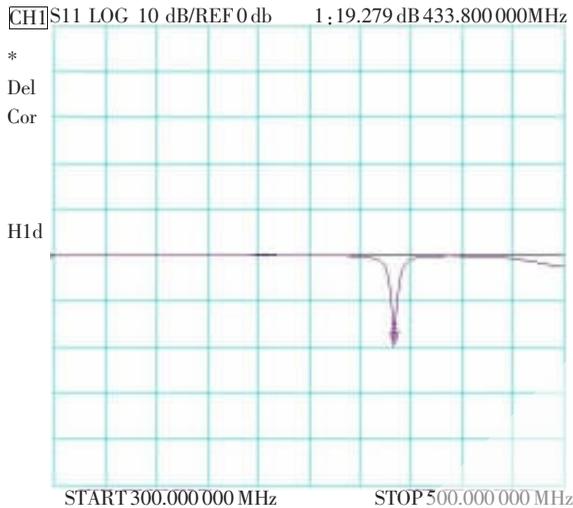


图4 网络分析仪实测图

TPMS 发射天线工作于 433.92 MHz, 频率较低, 和其他元件连接后一起安装在轮胎内部, 占用的空间极小, 这给天线的设计带来了很大的困难。针对这一难点, 本文设计制作了一种 PCB 螺旋天线, 并进行了测试实验

研究, 结果表明这种天线具有良好的全向性, 体积小重量轻, 满足 TPMS 对天线小型化的需求。同时这种结构的的天线还有着制作工艺简单、成本低、易与器件和电路集成等优点。但是由于带宽的限制, 只能用作固定频率的发射天线。TPMS 中的接收天线需要另行设计。

参考文献

- [1] BURGESS J. Tire pressure monitoring: an industry under pressure. *Sensor Technology and Design*, 2003(7):29-33.
- [2] 张芬. 汽车轮胎压力监测系统的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
- [3] 顾明亮, 张向文, 许勇, 潘明. TPMS 倒 F 螺旋天线的设计与实现[J]. *微型机与应用*, 2010(11): 88-90.
- [4] 李兵强, 林辉. 轮胎压力监测系统中小环天线的设计[J]. *汽车工程*, 2007(3): 254-256.
- [5] ELDEK A A. Design of double dipole antenna with enhanced usable bandwidth for wideband phased array applications. *PIER 59*, 2006:1-15.
- [6] 李思军. 宽带小型化印制板螺旋天线的研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2007.

(收稿日期: 2011-01-12)

作者简介:

廖敏娜, 女, 1986 年生, 在读硕士, 主要研究方向: 汽车电子及相关技术。