

文章编号:1000-5641(2009)01-0124-04

PZT/PVDF 柔性复合材料用于 ISM 天线研究

郑正奇, 岳 鹏, 王连卫, 张 洁

(华东师范大学 信息学院, 上海 200241)

摘要: 采用溶液混合法制备 PZT/PVDF ($\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3/\text{Polyvinylidene Fluoride}$) 复合材料. 对复合材料的介电特性和介质损耗特性进行了测试, 设计了用于 ISM 波段的复合材料微带天线. 由于复合材料具备高介电常数、低损耗和柔性的特点, 实现了天线的小型化, 并应用于高速公路自动收费系统.

关键词: PZT/PVDF 复合材料; 柔性; 微带天线

中图分类号: TB39 **文献标识码:** A

PZT/PVDF flexible composites applied on ISM antenna

ZHENG Zheng-qi, YUE Peng, WANG Lian-wei, ZHANG Jie

(School of Information Science and Technology, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

Abstract: With solution blending process, PZT/PVDF composite thin films was formed. Dielectric constant and loss factor was measured through short-ended waveguide test line. As the composite has the advantage of high dielectric constant, low loss factor and flexibility, a miniaturized ISM band composite microstrip antenna was designed for ETC system of freeway.

Key words: PZT/PVDF flexible composite; flexibility; microstrip antenna

0 引 言

陶瓷-聚合物复合材料由于其性能兼备了陶瓷的高介电特性和聚合物材料的绝缘性、低损耗和易加工的特点, 受到了人们的广泛重视, 成为功能材料的一个重大研究方向^[1]. 本文研究的是用 PZT 陶瓷粉末与 PVDF 聚合物利用匀胶机进行溶液混合, 制备了不同体积含量和不同厚度的均匀复合材料薄膜, 经过甩胶、压制、溅射和镀铜等工序, 制成了 PZT/PVDF 复合材料敷铜板, 测量复合材料的介质损耗和介电常数, 设计了 5.8 GHz 的微带天线.

1 PZT/PVDF 复合材料的制备

1.1 原材料

合成复合材料采用的基体材料为聚偏二氟乙烯 (PVDF) 高分子材料和锆钛酸铅 (PZT)

收稿日期: 2008-02

基金项目: 上海市自然科学基金 (05ZR14045)

第一作者: 郑正奇, 男, 博士, 教授, 研究方向为无线通信. E-mail: zqzheng@ee.ecnu.edu.cn.

铁电陶瓷材料. PVDF 具有优良的力学性能,其柔韧性好,损耗小,可制成大而均匀的介质薄膜. PZT 有很高的介电常数,但损耗大,柔韧性差. 将 PZT 材料放入球磨罐中湿法球磨 2 h, 然后将其烘干,经粉碎过筛得到粒径 1 ~5 μm 的 PZT 微粉.

1.2 PZT/PVDF 复合材料的制备^[2,3]

PVDF 作为聚合物基体,加入适量的二甲基甲酰胺溶液将该聚合物完全溶解,然后按照一定的体积比加入 PZT 粉末,充分搅拌均匀,用超声波处理 4 h,促进 PZT 粉体在 PVDF 胶状液中的均匀分散. 混合均匀后在匀胶机上甩制成 100~400 μm 厚的薄膜材料,然后将不同数量的薄膜材料在 180 °C,100 MPa 的条件下进行热压,可得到厚度不同的 PZT/PVDF 复合材料.

1.3 PZT/PVDF 复合材料敷铜板的制备

敷铜是制作微带天线的关键步骤,首先要在复合材料上溅射一层 50 nm 厚的钛,用于连接黏附性不强的 PZT/PVDF 复合材料和铜,然后再在钛上溅射一层 300 nm 厚的铜,最后用硫酸盐酸性光亮镀铜的方法在溅射好的复合材料板上镀一层 200 μm 厚的敷铜层. 制成了双面敷铜的 PZT/PVDF 复合材料板.

2 PZT/PVDF 复合材料介电常数和介质损耗的测量

采用终端短路的测量线法在 8 GHz 频率下测量复合材料的介电常数和介质损耗,见图 1. 这种方法是基于入射波和一系列反射波在复合材料前面的空间形成驻波,通过测量这个驻波场,就能决定复合材料表面处的输入阻抗和测量线的波阻抗之比. 当短路波导的末端填充复合材料时,可在复合材料输入端面得到阻抗关系式

$$\frac{\text{th}\gamma l_\epsilon}{\gamma l_\epsilon} = \frac{1}{j\beta l_\epsilon} \left(\frac{1 - j\rho \tan\beta_0 \bar{d}}{\rho - j \tan\beta_0 \bar{d}} \right). \tag{1}$$

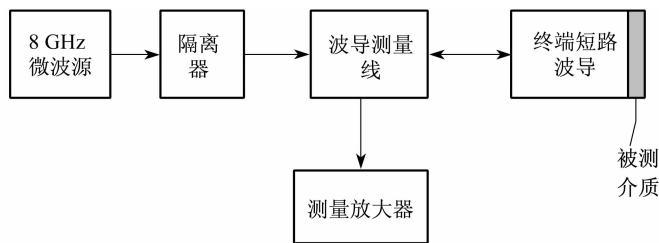


图 1 测量线法测介质介电常数和损耗的框图

Fig. 1 Measuring dielectric constant and loss factor of PZT/PVDF by microwave measuring line

式中 γ 为复合材料的波导段中的传播常数, l_ϵ 为复合材料的厚度, β_0 为未填充材料的空气波导中的相位常数, ρ 为复合材料段的输入驻波比, \bar{d} 为驻波节点到复合材料输入端的距离. 由此可以计算出复合材料的介电常数和介质损耗.

选用 PZT 体积比为 70 的 PZT/PVDF 复合材料,测得介电常数为 97.08,损耗为 0.11.

3 5.8 GHz 微带天线的设计

3.1 天线的设计

在高速公路自动收费系统中,工作频率为 5.8 GHz,天线采用左旋圆极化,用上述方法

制备的 PZT/PVDF 复合材料设计的天线结构如图 2 所示,辐射体为半波长矩形微带天线,边长为

$$L = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_r'}} - 2\Delta l, \quad (2)$$

其中 c 为光速, f 为载频. 等效介电常数为

$$\epsilon_r' = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10h}{W}\right)^{-1/2}, \quad (3)$$

ϵ_r 为上述测得的介电常数, h 为介质厚度, 宽度 W 为

$$W = \frac{c}{2f} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2}\right)^{-1/2}, \quad (4)$$

边缘效应线长 Δl 为

$$\Delta l = 0.412h \frac{(\epsilon_r + 0.3)(W/h + 0.264)}{(\epsilon_r - 0.268)(W/h + 0.8)}. \quad (5)$$

采用两侧边馈方式馈电, 两边馈线相位有 90° 相差, 形成了左旋圆极化的天线极化方式, 并与收发系统阻抗匹配, 天线结构见图 2.

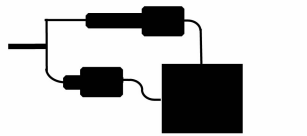


图 2 5.8 GHz 左旋圆极化微带天线

Fig. 2 5.8 GHz left circular polarized microstrip antenna

仿真的输入反射系数见图 3.

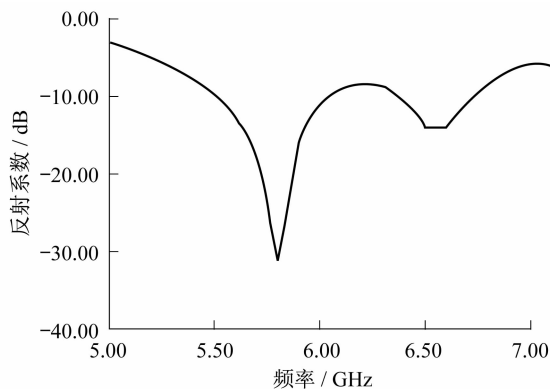


图 3 PZT/PVDF 复合微带天线输入反射系数

Fig. 3 Simulation result of PZT/PVDF microstrip antenna input reflection coefficient

3.2 天线性能的测试和分析

用 HP 网络分析仪对设计的 PZT/PVDF 复合材料微带天线输入特性进行了测试, 在微波暗室进行了辐射方向图的测试, 测试结果见图 4 和 5.

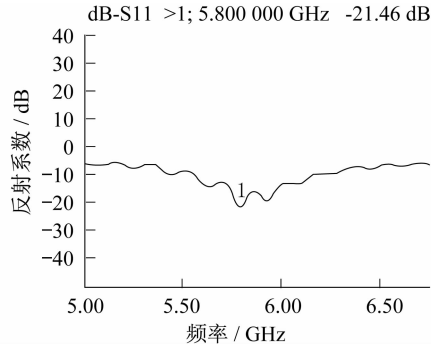


图 4 PZT/PVDF 复合材料微带天线输入特性测试结果

Fig. 4 Test result of PZT/PVDF microstrip antenna input reflectance

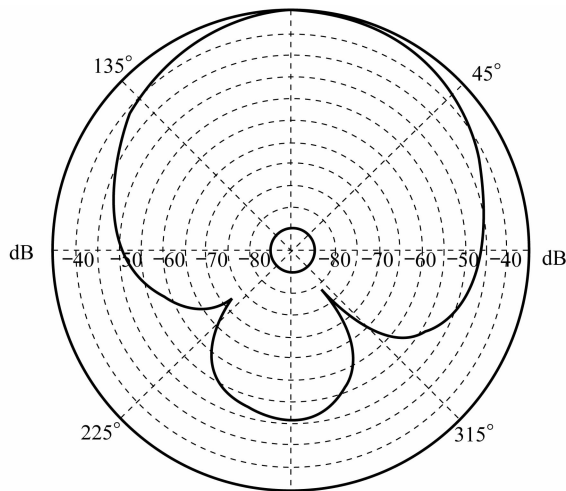


图 5 PZT/PVDF 复合材料微带天线辐射方向图测试结果

Fig. 5 Test result of PZT/PVDF microstrip antenna radiation pattern

对比图 3 和 4, 实测的输入反射系数频率范围与仿真结果基本一致, 但幅度略大于仿真结果, 如在 5.8 GHz 频率上, 仿真结果是 -31 dB, 对应的输入驻波比为 1.00, 实测结果为 -21 dB, 对应的输入驻波比为 1.02. 反射系数误差的原因是 PZT/PVDF 复合材料实际参数有一定的不均匀性, 造成了天线输入端匹配性能不理想, 另外, 由于天线尺寸很小, 制作过程中的误差会改变馈线的性能, 测试时天线的同轴接头和馈线不匹配也会增加反射系数.

测试结果表明, 在 5.8 GHz 频率上, 天线的输入反射特性和辐射方向图基本符合要求, 将设计的 PZT/PVDF 复合材料微带天线应用于研制的高速公路自动收费系统车载单元, 作为收发天线, 初步实现了信号的无线传输.

4 结 论

PZT/PVDF 复合材料具备了高介电常数、低损耗和柔韧性好等优点, 是一种新型的功能材料, 改变配比, 可以得到不同介电常数和损耗的复合材料, 设计成的微带天线面积小、重量轻和便于安装, 可应用于各种短距无线通信系统, 有较好的市场前景.

(下转第 136 页)

- B, 2004, 692(3):417-433.
- [10] ALTARELLI G, PARISIS G. Asymptotic freedom in parton language [J]. Nuclear Physics B, 1977, 126(2): 298-31.
- [11] HIRAI M, MIYAMA M. Numerical solution of Q^2 evolution equations for polarized structure functions [J]. Computer Physics Communications, 1998, 108(1):38-55.
- [12] ZHU W, CHAI KM, HE B. Predictions for the low-x structure function in the modified GLR equation [J]. Nuclear Physics B, 1995, 449(1-2):183-196.
- [13] MARTIN A D, ROBERTS R G, STIRLING W J, et al. Parton distributions: a new global analysis [J]. European Physical Journal C, 1998(4):463-496.
- [14] GLUCK M, REYA E, VOGT A. Dynamical parton distributions revisited [J]. European Physical Journal C, 1998(5):461-470.
- [15] LAI H L, HUSTON T, KUHLMANN S, et al. Global QCD analysis of parton structure of the nucleon: CTEQ5 parton distributions [J]. European Physical Journal C, 2000(12):375-392.
- [16] AIRAPETIAN A, AKOPOV N, AKOPOV Z, et al. Precise determination of the spin structure function g_1 of the proton, deuteron, and neutron [J]. Physical Review D, 2007, 75(012007):1-48.

(上接第 127 页)

[参 考 文 献]

- [1] 邢光建,杨志民,杨剑,等. 高介电性能的陶瓷-聚合物复合材料的研究现状[J]. 高分子材料科学与工程, 2005, 21(3):54-58.
XING G J, YANG Z M, YANG J, et al. Research situation of ceramic-polymer composite with high dielectric properties [J]. Polymeric Materials Science & Engineering, 2005, 21(3):54-58.
- [2] 刘小楠,杨世源,毕新利,等. 0-3 型 PZT/PVDF 压电复合材料制备及性能研究[J]. 功能材料, 2008, 39(3):406-409.
LIU X N, YANG S Y, BI X L, et al. Research on preparation and properties of 0-3 PZT/PVDF piezoelectric composites [J]. Journal of Functional Materials, 2008, 39(3):406-409.
- [3] 张联盟,游达. 0-3 PZT/PVDF 压电复合材料的制备及其性能[J]. 复合材料学报, 2004, 21(3):142-145.
ZHANG L M, YOU D. Preparation and properties of 0-3 PZT/PVDF piezoelectric composite with solution-mixing method [J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2004, 21(3):142-145.
- [4] 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.
ZHONG S S. Theory and Application of Microstrip Antenna [M]. Xian: Xidian University Press. 1991.