

一种基于 SIW 的介电系数测量装置

陈倩¹, 陈虎², 刘长军¹, 黄卡玛¹, 曾晓勇¹

(1. 四川大学 电子信息学院, 成都 610064; 2. 成都航空职业技术学院 信息工程学院, 成都 610100)

chenqian@scu.edu.cn

摘 要 自 20 世纪 80 年代以来, 微波能的应用几乎扩展到了化学、材料、医学等各个领域。而微波能的应用实际上都直接或间接地与物质的介电特性相关。我们了解物质介电特性, 就能研究它们对于微波的吸收和反射情况。因此, 微波能应用中的介电系数测量显得尤为重要。而传统的测量方法实现在线测量时有一定的局限性, 本文针对上述问题设计了新型的测量装置, 结合神经网络算法对物质的介电系数进行了仿真计算, 得到了一些有参考价值的数据, 这些工作将对微波能的应用提供帮助。

关键词 SIW, 在线测量, 介电系数

A Permittivity Measurement Apparatus Using Substrate Integrated Waveguide Structure

Qian Chen¹, Hu Chen², Changjun Liu¹, Kama Huang¹, Xiaoyong Zeng¹

(1. School of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610064, 2. College of Electronical and Information Engineering, Chengdu Aeronautic Polytechnic, Chengdu 610100)

Abstract: The microwave energy has been applied to chemistry, materials, and medicine since 1980s. The application of microwave energy is related with permittivity of materials. If we know the permittivity of materials, the absorption and reflection on microwave energy can be obtained. Hence the measurement for permittivity in microwave power applications is very important. However, the traditional measurements have some limitations on realtime measurement. The measurement apparatus has been proposed and the permittivity of materials has been reconstructed by modern optimization algorithm(Artificial neural network). The applications of microwave energy have been extended by the valuable data gained.

Keywords: Substrate Integrated Waveguide (SIW), Online Measurement, Permittivity.

1 引言

微波技术经过几十年的发展, 已成为一门比较成熟的学科, 在雷达、通信、电子对抗、工业生产及科学研究等方面得到广泛应用。自 20 世纪 80 年代以来, 微波能的应用几乎扩展到了化学、材料、医学等各个领域¹。而微波能的应用实际上都直接或间接地与物质的介电特性相关。因为物质的介电特性反映了其对微波的吸收和反射情况, 所以研究物质与微波的相互作用中一个重要而基础的问题就是研究其介电特性。因此在微波能的应用中测量物质的介电特性, 具有重要意义。

测量物质介电系数的方法有很多

种, 每一种方法都有它的优势与局限性。初略地可以将微波测量介电系数的方法分为谐振法和非谐振法, 谐振法比非谐振法具有更高的测量精度和灵敏度, 但测量带宽窄。而非谐振方法适用于在较宽的频带范围内对物质的介电系数进行测量, 同时与谐振法相比, 非谐振法一般不需要样品的准备, 测量过程也比谐振法更简便, 使得测试更易于实现^{2, 3}。近来 SIW 这种新型的波导结构已经用于测量装置的设计中, 已有文献报道基于谐振法的 SIW 测量装置, 在 5.8GHz 取得了准确的测量结果⁴。与传统的同轴结构宽带测量装置相比, SIW

结构简单,易于加工,实测模型更接近仿真模型,便于提高测量精度⁵。

近来在重构物质介电系数的应用中,神经网络计算模型作为一种非传统的有效方法已逐渐得到人们的认可,神经网络通过学习微波辐照下测试系统中物质等效介电系数与散射参量之间的关系,可以快速、准确地得到待测物质的介电系数^{6,7}。因此,为在线测量物质介电系数提供了一个途径。

本文对基于SIW结构的宽带介电系数测量方法进行研究,设计了相应的测量装置,能实现物质介电系数的宽带测量,仿真结果表明SIW结构能用于介电系数宽带测量。

2 测量装置的设计

本文基于传输反射法的原理,分析SIW结构的特点,研究电磁波在SIW结构中的传输机理,设计了基于SIW的宽带介电系数测量结构。

2.1 基于SIW结构的测量装置

设计基于SIW的宽带介电系数测量结构,仿真验证结构合理性。在SIW结构传输机理研究的基础上设计灵敏度较高的介电系数测量结构。使测量结构散射参量的变化能反映待测物介电系数的变化。装置测量装置模型如图1所示。测量装置分为三个部分,分别为50 Ω 微带线,微带过渡段和SIW测量段。测量段为中间开缝的SIW结构,如图2所示。仿真计算时,测量装置水平放置,将不同待测物放置于开缝处上方,改变不同待测物,即改变仿真模型中待测物质介电系数的实部和损耗角正切,观察所得散射参量的变化情况。

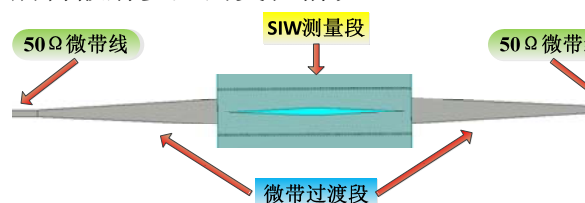


图1 测量装置模型

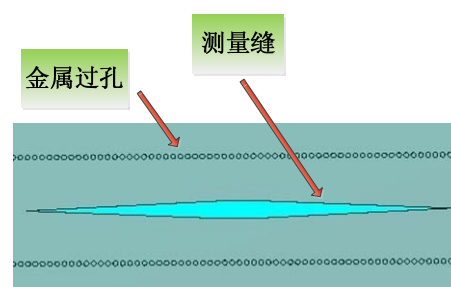


图2 SIW测量段

2.2 仿真结果

为仿真验证结构设计的合理性,本文采用了全波电磁仿真软件对所设计的装置模型进行了仿真计算。在仿真计算中,基板材质选取了Rogers R04003C,介电系数实部为3.38,损耗角正切为0.0027,基板厚度为0.813mm,仿真计算结果如图3、图4和图5所示。

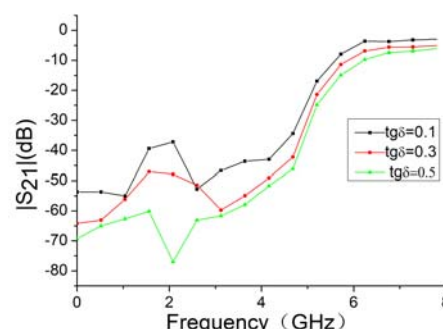


图3 损耗角正切对 $|S_{21}|$ 的影响

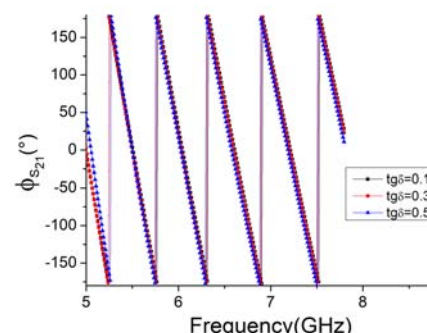


图4 损耗角正切对 $\Phi_{S_{21}}$ 的影响

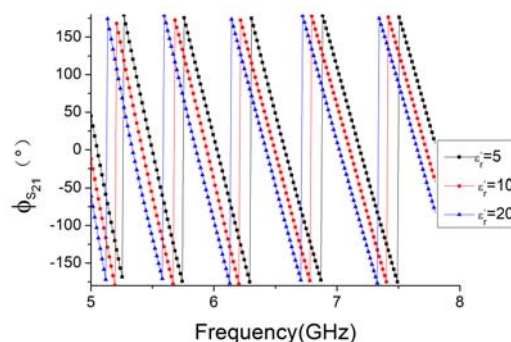


图5 介电系数实部对 $\Phi_{S_{21}}$ 的影响

January 2013, 49 (3): 1-2.

- 6 Huang, K., X. Cao, C. Liu, and X.-B. Xu,
Measurement/computation of effective
permittivity of dilute solution in saponification
reaction, IEEE Trans. Microw. Theory Tech., 2003,
51(10):2106-2111.
- 7 L. Ming, K. Huang, T. Pu, W. Bo, and L. Yang,
Measurement and prediction of dielectric for
liquids based artificial nerve network, in
Microwave and Millimeter Wave Technology
(ICMMT), 2010 International Conference on.
IEEE, 2010, 1083–1085.