



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101620249 B

(45) 授权公告日 2012.05.23

(21) 申请号 200910164413.2

与计算.《微波学报》.2008,第24卷71—73.

(22) 申请日 2009.07.27

审查员 王晓萍

(73) 专利权人 张莉

地址 100024 北京市中国传媒大学信息工程
学院

专利权人 逯贵祯

(72) 发明人 张莉 逯贵祯

(51) Int. Cl.

G01R 27/26(2006.01)

G01R 33/12(2006.01)

G06N 3/08(2006.01)

(56) 对比文件

JP 2001083188 A, 2001.03.30, 全文.

US 6382029 B1, 2002.05.07, 全文.

US 5524086 A, 1996.06.04, 全文.

逯贵祯等. 人工电磁材料等效磁导率的研究

权利要求书 1 页 说明书 3 页

(54) 发明名称

人工电磁材料电磁参数测量的神经网络方法

(57) 摘要

本发明涉及一种研究测量电磁参数的新方法,要求能够测试左手材料及具有周期性结构的人工电磁材料,且测试结果精度高,测试样品制作简单。神经网络算法是一种可以适用高度非线性问题的生物学计算方法,已经广泛用于其它信息处理计算领域,并被证明是较为优秀的一种算法。将神经网络算法与计算电磁学方法结合的方法,利用计算电磁学的数值计算方法FEM和FDTD计算被测材料的传输与反射系数,将相应计算结果作为训练序列对神经网络进行训练。当神经网络经过充分训练以后,可以通过输入传输与反射系数的测量值,计算得到被测材料的有效介电常数和有效磁导率。

1. 一种用于测量人工电磁材料的等效电磁参数的方法,将神经网络算法与计算电磁学方法结合,利用计算电磁学的数值计算方法 FEM 和 FDTD 计算被测材料的传输与反射系数,将相应计算结果作为训练序列对神经网络进行训练。包括如下步骤:

第一步,利用计算电磁学的数值计算方法 FEM 和 FDTD 计算被测材料的传输与反射系数即 S 参数,将相应计算结果作为训练序列对神经网络进行训练;

第二步,经过训练后的神经网络可以根据已测量的 S 参数来获得被测材料的介电常数、磁导率。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,获得所需要的大量的输入输出序列后,用于训练神经网络,经过训练后的神经网络可以根据新的已测量的 S 参数来获得材料的介电常数、磁导率。

人工电磁材料电磁参数测量的神经网络方法

技术领域

[0001] 本发明涉及人工电磁材料等效电磁参数测量的领域。更具体地,本发明致力于一种将神经网络算法与计算电磁学方法相结合的测量方法。

背景技术

[0002] 人工电磁材料具有独特电磁特性和潜在的应用前景,对于它的研究开创了一个全新的领域,随着它的发展,许多原有的技术将得到新的发展和突破。它将在很多研究领域得到应用:无线通信技术、雷达技术、纳米技术以及微电子技术等。其中对其设计制作方法的研究、参数测试方法研究、应用的研究一直是国内外人工电磁材料研究领域的热点问题。

[0003] 对电磁参数随频率变化的周期性结构的人工电磁材料等效电磁参数提取方法的研究在目前还没有取得根本突破:同轴线结构的传输线电磁参数测量方法,只能用于 TEM 波的单模情况,不适用于对左手材料的测量,并且该方法不能直接用于波导中多模方式下的测量。针对波导测量中多模特性,将传输与反射算法扩展至波导传输线的测量方法中,解决波导中的多模激励和多模传输问题,从而可以对人工材料等效电磁参数进行测量,并降低待测材料样品加工的难度。在多模传输时,散射参数 S_{11} 和 S_{21} 与待测样品的相对磁导率和相对介电常数关系复杂,得不到相对磁导率和相对介电常数与散射参数 S_{11} 和 S_{21} 的简单函数关系。在所有已知的传输反射方法中存在以下问题:

[0004] 第一,会出现传输系数的相位误差问题,该问题虽然在一定程度上得到解决,但是在半波长频率点还是会出现一些误差;

[0005] 第二,材料样品难于制作,尤其在同轴线测量模型中,测试材料需要很高的加工精度,而且会对材料本身造成破坏,因此,一些具有复杂周期性结构的材料往往很难加工成测试样品;

[0006] 第三,在使用波导进行测量时,由于多模传播频段的各种模式之间存在相位的不同,在激励源的设置上存在很多问题,这也是在多模传输频段得到较为准确的电磁参数需要解决的核心问题。但国内外现状显示,等效电磁参数的提取是人工电磁材料应用的重要基础,因而世界各国也投入了大量的人力物力进行攻关研究。

[0007] 人工电磁材料的出现已经引起诸多科学家的兴趣,它在科技和工程应用上必将发挥其巨大的作用。而等效电磁参数的提取能够为人工电磁材料在通信技术、雷达技术、纳米技术、微电子技术以及医学成像技术领域应用提供关键依据,研制一套成熟的应用范围广的精度高的电磁参数提取方法能够大力推动人工电磁材料在信息科学技术的发展。

[0008] 因此,需要提供另选的且更有效的测量方法来测量人工电磁材料的等效电磁参数。

发明内容

[0009] 本发明致力于解决如下问题,即提供另选的且更有效的方法来适合测量人工电磁材料的等效电磁参数。

[0010] 本发明采用将神经网络算法与计算电磁学方法结合的方法,利用计算电磁学的数值计算方法 FEM 和 FDTD 计算被测材料的传输与反射系数,将相应计算结果作为训练序列对神经网络进行训练。当神经网络经过充分训练以后,可以通过输入传输与反射系数的测量值,计算得到被测材料的有效介电常数和有效磁导率。因此本发明内容分为有限元计算和神经网络训练两部分。

[0011] 第一部分:

[0012] 在传输与反射系数测量方法中,相位引起的多值性是影响参数提取的重要问题。为了解决这个问题,采用了计算群时延或计算 S 参量的导数消除复介电常数中计算公式出现多值分支的现象。将单模式的公式推广到波导结构的多模式中,要考虑波导中各个模式对传输与反射系数的贡献,因此需要分析多模传输中各个模式之间幅度和传输相位之间的关系,建立适用于多模式条件的传输与反射测量方法。分析过程主要包括:

[0013] 用计算电磁学的数值方法计算不同材料参数样本的传输与反射系数,每个计算样本反映了材料参数与传输、反射系数之间的关系;进一步该函数关系可以用已知材料进行验证。在完成大量样本的计算以后,用这些样本对神经网络进行训练,训练后的神经网络可以用于材料电磁参数的提取。

[0014] 第二部分:

[0015] 神经网络是一种由大量神经单元(神经元)相互连接构成网络结构,它能模拟人类的部分神经功能,具有一定的智能特征。通过对输入输出变量进行大量的训练,神经网络可以对于新的输入信息给出正确的判断。

[0016] 利用计算电磁学方法计算传输与反射系数,对神经网络进行训练,由经过充分训练的神经网络,根据测量传输与反射系数计算被测材料的有效介电常数和有效磁导率。计算电磁学的方法通常是一个正向问题的求解过程。而对于参数提取的逆问题,即根据已测量的 S 参数来获得材料的介电常数、磁导率,通常是一个非线性的、病态的问题,所以很难得到一个很好的反演算法。神经网络方法可以克服反演病态问题,能够得到稳定的参数提取过程。

[0017] 神经网络的训练需要大量的训练输入输出序列,采用有限元算法对各种已知材料的参数进行计算,获得所需要的大量的用于神经网络训练的输入输出序列,经过训练后的神经网络可以根据新的测量数据得到对应的电磁参数。

具体实施方式

[0018] 第一方面:有限元计算

[0019] 1. 构建波导结构测量模型和计算模型;

[0020] 2. 建立被测材料的数值计算模型;

[0021] 3. 根据计算模型进行有限元数值计算,得到散射参数计算数值;

[0022] 4. 针对已知材料进行测量,与数值计算模型比较,修改模型获得正确结果;

[0023] 5. 在以上工作基础上,针对测试材料参数的特性,选取具有代表特性参数的材料模型进行分析计算,从而得到大量用于神经网络训练的输入输出序列。

[0024] 第二方面:神经网络训练

[0025] 利用上述得到的输入输出序列训练神经网络;

[0026] 第三方面 :用神经网络进行材料参数提取

[0027] 利用得到的神经网络模型对新的测量数据测量,预测被测材料的电磁参数。