

ISSN 2226-9282



军民两用新材料

Dual-use new material



Fe₃O₄颗粒/生物质碳纤维复合吸波材料的制备

李万喜^{*} 孙心成 田美玲

(晋中学院材料科学与工程系, 晋中, 030619)

摘要: 成本低、制备工艺简便、微波吸收性能优良的碳基复合吸波材料具有重要的应用价值, 其中碳材料与磁性成分的比例和碳材料的结构是实现阻抗匹配的关键, 但目前系统性的相关研究还较少。本论文以棉纤维和麻纤维等结构稳定的植物纤维为碳源和模板, 通过简单的浸渍和焙烧过程, 成功制备了Fe₃O₄颗粒/生物质碳纤维复合材料。通过工艺条件的控制, 实现了Fe₃O₄磁性颗粒在具有多级孔径分布的生物质碳纤维上的较精确和均匀负载, 并进一步实现其负载量在较宽范围内的调控。对于Fe₃O₄颗粒/碳化棉纤维, 最小RL为-42.96 dB; 厚度为2.2 mm时, 其有效频宽可达6 GHz。这项工作为廉价、轻质、高效微波吸收材料的研制提供了一种新的策略。

关键词: 生物质碳纤维, Fe₃O₄颗粒, 电磁匹配, 微波吸收性能

1、引言

随着电子科学技术的迅猛发展, 以及电子电气设备、无线通信系统、雷达隐身技术的普遍应用, 电磁污染和干扰问题变得越来越严重, 使得电磁波吸收材料的研究受到越来越多的关注^[1-3]。吸波材料在民用和军用领域都得到了广泛的应用, 对低成本、高产量和易于制备的材料制备需求, 以及薄厚度、低密度、宽频带、强吸收的性能需求也越来越高, 这给研究人员在材料制备和调控方面带来了更多挑战^[4]。根据电磁能量转换原理, 要实现电磁波的高效宽频吸收, 吸波材料需要具备两个条件: 一是电磁波能有效的进入到吸波材料内部, 这涉及到电磁匹配问题; 二是材料能有效的衰减进入其内部的电磁波能量, 这涉及到电磁损耗问题^[5-7]。阻抗匹配和电磁损耗通常是矛盾的, 电磁参数的可控调节在平衡阻抗匹配和电磁损耗方面发挥着决定性作用^[8-10]。

近年来, 碳材料由于其良好的化学和热稳定性、优异的导电性能和低密度受到吸波材料研究者的广泛关注。将磁性纳米材料和碳材料相结合, 不仅可以克服铁氧体、磁性金属、磁性金属氧化物和合金等磁性材料密度大的缺陷, 还可以调节电磁参数并改善电磁匹配, 实现比单一吸波材料更为优异的电磁波吸收。生物质是一种廉价的、生态友好的、资源丰富的可再生资源。将生物质碳化以后, 能得到具有多级孔径分布的多孔碳材料。研究发现, 多孔碳结构不仅可以降低材料的密度, 还可以增强阻抗匹配, 实现优异的微波吸收性能^[11]。Zhou等人^[12]使用丝瓜海绵作为碳源, 在不同的焙烧温度下制备了三维多孔碳/Fe₃O₄@Fe。当焙烧温度为600℃, 复合材料的最小反射损耗(RL)为-49.6dB, 有效频宽为5 GHz。研究发现三维多孔结构、界面极化、介电损耗和磁性损耗都有助于提高微波吸收性能。因此从生物质中获得多孔碳并用于微波吸收是一种可持续的低成本方法。然而, 由于高导电性, 单独碳材料在宽频率范围内阻抗匹配性比较差, 最好的方法是与磁性成分结合形成复合材料, 可以降低复介电常数和增强阻抗匹配。

天然植物纤维材料具有有序优化和稳定的形态和结构, 而且天然植物纤维的主要成分是纤维素, 它是