

碳团簇型材料微波隐身性能研究^y

徐国亮, 罗 洁, 刘 波, 蒋 刚, 朱正和

(四川大学原子分子物理研究所, 四川 成都 610065)

摘要: 平面环状碳团簇是一种特殊的大分子, 计算表明其转动能级变化的谱线富集于 1—20 GHz 的微波区. 利用该特性制得了碳团簇型微波隐身材料. 测试结果表明, 对于双层材料, 最小反射率达 -31 dB, 有效频带宽度为 2.3 GHz, 同时, 将该材料长时间处于自然条件下, 其吸波性能稳定.

关键词: 平面环状碳团簇; 微波隐身; 最小反射率; 宽频

中图分类号: TB332 文献标识码: A

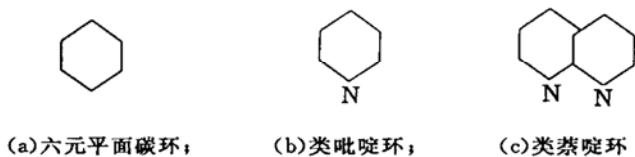
1 引言

微波隐身材料是指能够有效地吸收入射雷达波并使之衰减的一类功能材料, 主要应用于军事上防雷达波. 人们对它的研究最早可追溯到 30 年代. 二次世界大战期间开始用于军事目标, 并由此进入实验阶段, 在 20 世纪 70 年代发展迅速, 相继用于 F-14, F-15 战斗机, 20 世纪 80 年代有了突破性进展, 出现了 B-2 隐身轰炸机、隐身巡航机等. 近年来, 手征材料、纳米材料、导电高分子材料、智能隐身材料等新型材料逐步应用到雷达波和红外隐身材料中, 使涂层更加薄型化、轻型化、适应性更强^[1-3].

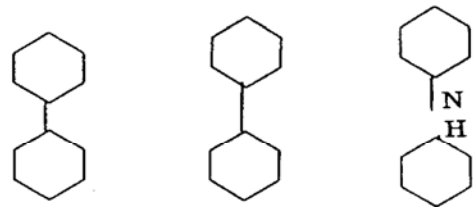
2 理论计算

分子的电子、振动与转动能级跃迁产生的光谱, 一般分别出现在紫外、可见、近红外和远红外光谱区. 就转动能级跃迁光谱而言, 轻分子在远红外, 而大分子在微波区. 从微观结构来看, 要实现微波隐身目的, 一是通过材料转动能级共振吸收, 二是通过目标结构的优化而实现. 本文正是利用碳团簇材料的这一特性制得吸波材料. 该材料包括简单平面碳环、环二联体以及平面稠环这类大分子:

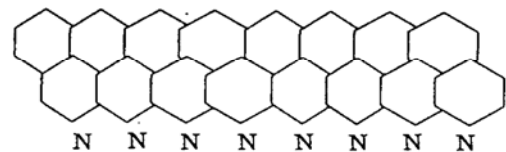
(1) 简单平面环



(2) 环二联体



(3) 平面稠环



理论计算可得^[4]:

(1) 对于六元平面碳环、类吡啶环和类萘啶环, 由计算所得的转动微波谱线可知, 当 J'' 由 $0 \rightarrow 1$, $1 \rightarrow 2$ 和 $1 \rightarrow 3$ 时, 分别吸收微波范围为 2.5—13.1, 5.8—26.3 和 10—39.4 GHz.

(2) 环二联体的内旋转, 当 J'' 由 $0 \rightarrow 1$, $1 \rightarrow 2$ 和 $1 \rightarrow 3$ 时, 分别吸收微波范围为 11—12, 23—24 和 34—36 GHz.

(3) 平面稠环中的六元平面碳环和类吡啶环的平行振转光谱可吸收 13 GHz 的微波, 而类萘啶环的平行振转光谱则可吸收约 3 GHz 微波, 垂直振动不易发生. 在石墨的平面稠环状间的三维平行振转运动也不易发生.

综上所述, 在 1—20 GHz 内对微波的吸收主要是平面环状碳团簇的转动和平行振动运动的贡献.

^y 收稿日期: 2002 - 03 - 20; 修改日期: 2002 - 05 - 30

作者简介: 徐国亮(1967-), 男(汉族), 河南获嘉人, 硕士研究生, 从事碳团簇型吸波材料的研究.

因此在深入研究碳团簇型吸波性能的基础上, 针对吸波与承载的要求, 进行原子分子设计, 制成了具有优异性能的新型吸波材料.

3 材料设计

吸波材料的制备方法为: 将不同温度处理所得的碳团簇型材料以一定比例与环氧树脂复合, 然后在模具中固化成型, 制成 3 cm 波导式测量线所要求的尺寸. 采用驻波测量线方法测量吸波材料在金属平板前对微波的反射率^[5], 测量范围 8.2—12.4 GHz. 其装置示意图如图 1.

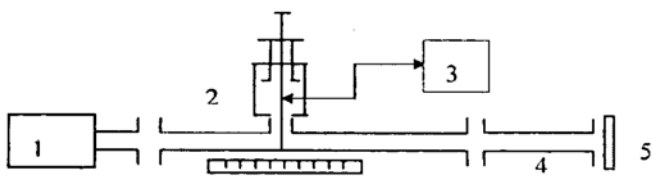


图 1 微波测试装置

1 微波信号源, 2 测量线, 3 测量放大器, 4 试样波导线, 5 短路板.

4 测试结果

4.1 双层材料测试结果

微波直接入射层为变换层, 另一层与金属板紧贴为吸收层. 1 000 °C, 700 °C, 600 °C 分别代表在该温度处理下所得到的碳团簇型材料.

测试结果表明, 以合适的材料组合, 可以得到

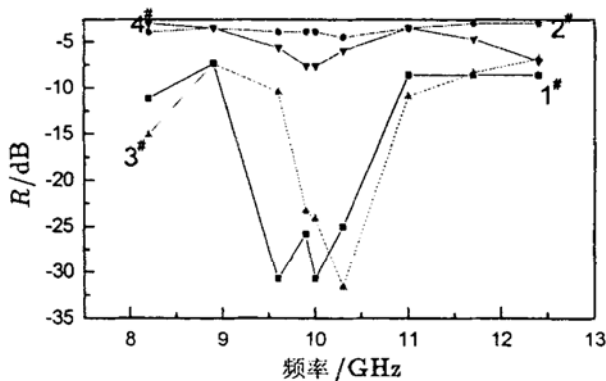


图 2 2 mm 样品测试结果

1# 1 000 °C (0.89 mm) + 600 °C (0.88 mm), 2# 600 °C (0.88 mm) + 1 000 °C (0.89 mm), 3# 1 000 °C (0.99 mm) + 700 °C (0.96 mm), 4# 700 °C (0.96 mm) + 1 000 °C (0.99 mm).

较好的吸波性能, 同时存在方向性问题, 同种材料以不同顺序放置, 其吸波性能存在很大差异. 测试结果如图 2 所示.

4.2 材料性能稳定性研究

将在 1 000 °C, 700 °C 处理的材料所制得的样品置于自然环境中, 测试其吸波性能的变化情况. 测试结果如图 3 所示.

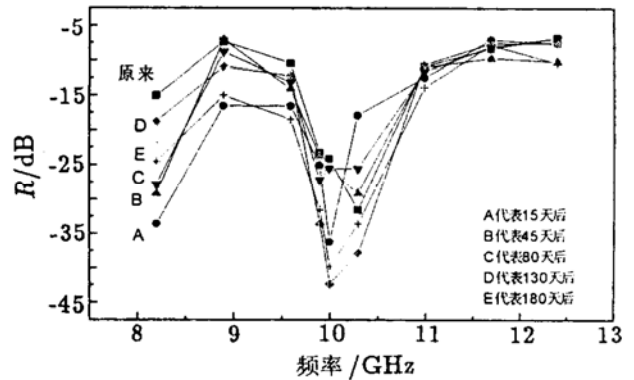


图 3 材料性能稳定性测试结果

从测试结果可以看出: 长期处于自然环境中的材料, 其吸波性能稳定, 且有变好的趋势, 最小反射率可达 -42 dB, 有效频带宽度也达到 70% (在 8.2—12.4 GHz 频段内).

5 结论

(1) 计算表明, 在 1—20 GHz 内对微波的吸收主要是平面环状碳团簇的转动和平行振动的贡献.

(2) 对于碳团簇双层材料, 要以高温 (1 000 °C) 处理的材料做变换层, 低温 (600 °C, 700 °C) 处理的材料做吸收层, 才能达到较好的吸波性能, 最小反射率为 -31.59 dB, 有效频带宽度达到 55%, 厚度为 1.85 ± 0.1 mm. 且材料密度较小, 仅为 1.16 g/cm³, 它为传统铁氧体的 1/5, 基本满足作为吸收雷达波材料的要求, 具有实用价值.

(3) 该材料长期处于自然环境中, 仍具有良好的吸波性能. 在碳团簇型材料的基础上, 掺杂介电型和磁损耗型材料, 可制备兼具多种损耗机理、高吸波性能的功能性隐身材料.

参 考 文 献:

- [1] 朱正和. 平面环状碳团簇的微波吸收特性[J]. 原子与分子物理学报, 1995, 12(1): 11.
- [2] 张卫东, 冯小云, 孟秀兰. 国外隐身材料研究进展[J]. 宇航材料工艺, 2000, 3: 1.
- [3] 秦 嵘, 陈 雷. 国外新型隐身材料研究动态[J]. 宇航材料工艺, 1997, 4: 17.
- [4] 王 海. 雷达吸波材料的研究现状和发展方向[J]. 上海航天, 1999, 1: 55.
- [5] 汤世贤. 微波测量[M]. 北京: 国防工业出版社, 1981.

Studies On the Stealthy Function of the Carbon Cluster-like Material

XU Guoliang, LUO Jie, LIU Bo, JIANG Gang, ZHU Zhenghe

(*Institute for Atomic and Molecular Physics, Sichuan University, Chengdu, 610065, China*)

Abstract: Plane ringed carbon cluster is a special macromolecule. Calculations show that the frequencies of rotational transition of carbon cluster are bound in the area of 1—20 GHz. According to this traits, we made carbon cluster-like microwave stealth material. The testing results indicate that the double layer materials have the least reflectivity value of -31 dB and a wide frequency band width of about 2.3 GHz for reducing about -10 dB. Although the carbon cluster material is deposited in air for a long time, it still has good absorbing properties.

Key words: plane circularity carbon cluster; microwave stealth; least reflectivity; broad band