

Electromagnetic Shielding Mechanism and the Research Progress of Light Mass and Broadband Wave Absorbing Material

Zhendong Liu

Solman Electronics (Shenzhen) Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

With the intelligent radio equipment, wireless network system, electronic detection device and other rapid development of science and technology, space electromagnetic wave propagation and interference to the ground equipment is increasingly intensified, electromagnetic wave shielding technology has been in electromagnetic compatibility (EMC), anti-electromagnetic interference (EMI) system, aircraft stealth has been increasingly in-depth research and application. The paper from the different electromagnetic shielding principle and material intrinsic function, to different varieties of new broadband wave absorption material is summarized, discusses the different electromagnetic wave absorption characteristics and microstructure, the realization of its lightweight broadband absorption function principle is expounded, for the design function of absorption material puts forward technical support, for the development of new high performance electromagnetic wave absorption material puts forward the design way.

Keywords

electromagnetic shielding principle; lightweight broadband absorption composite; research progress

电磁屏蔽机理及轻质宽频吸波材料的研究进展

刘振栋

索曼电子(深圳)有限公司, 中国·广东深圳518000

摘要

随着智能无线电设备、无线网络系统、电子检测装置等科学技术的迅速发展,空间电磁波传播及对地面仪器设备的干扰也日益加剧,电磁性波遮蔽科技已在电磁兼容性(EMC)、抗电磁干扰(EMI)系统、飞行器隐身等方面得到了日益深入的研究应用。论文从不同的电磁屏蔽原理和材质本征功能入手,对不同品种的新型宽频吸波材进行分析总结,探讨了不同吸波体的电磁波吸收特性和微观构造之间的相互关联关系,对实现其轻质型宽频吸的功能原理做出了阐述,为设计功能良好的吸波材提出了技术支持,为开发新型高性能电磁波吸收材提出了设计途径。

关键词

电磁屏蔽原理; 轻质宽频吸波复合材料; 研究进展

1 引言

高频波在智慧交通系统、电子收费系统、医疗系统、智慧通信系统等信息化领域的运用日益广泛,大大提高了信息传输速率。但是,电子产品和信息传送装置在工作过程中会产生大量电磁波,危害周围装置的正常工作,造成其性能劣化或破坏。在美国宇航部门,一些专门用来检测低能耳粒子或低能等离子体等特殊应用的科学测量发射器因为检测能力低下,易引起地面电场技术和地磁设备的损害。此外,由于空间辐射而产生的内充能以及由运载火箭表面充放电所形成的电磁脉冲,对一定集成化程度微电子器件的危害也

日益突出。为了避免空间中高频电磁辐射的危害,人们必须对电子设备和通讯装置加以电磁辐射防护,这就对电磁屏蔽吸收材料提供了更多的使用要求。

电磁屏蔽材料分为雷达吸波材料、光电遮蔽复合材料、红外吸收复合材料、可见光隐身材料和声音隐身材料等,当中又以雷达吸波材料的使用最为普遍,发展潜力也最大。目前由于绝大多数雷达检测电磁波的工作频率区间均为1~15GHz,所以目前对雷达技术用吸附复合材料的研发多聚焦于吉赫的低宽频区域。但由于高频电磁波在智能通信和微电子等民用领域中的使用已经越来越普遍,因此电磁波还具有吸收精细、明亮、宽而强的特性,技术发展压力大。新型微波吸收材料的技术发展趋势是薄、轻、宽、强吸收。这项工作的内容将从电磁屏障的各种原理入手,研究电磁波的屏蔽原理,如反射损耗、电损耗和电磁损耗,分析和研究一

【作者简介】刘振栋(1977-),男,中国河南商丘人,从事电磁兼容及散热研究。

些电磁波吸收标准材料的特性,并设计运行机制,改善不同损耗机制下电磁波的吸收特性,为新型微波宽带光吸收材料的研究找到更多的科技途径。

2 电磁屏蔽机理概述

投射到材质表层的电气波能力主要有反应、吸附和穿透三个去向方式,如图1所示。电气屏蔽技术主要是把投射在材质外表的电气波能力反应,并把进入到材质内的电气波通过材质转化成电能或其他方式的电能,进而达到了减弱电气波的目的。电磁波衰变结构一般包括干扰与损失二类类型。干涉型材料采用了干扰互消机理,具备多层结构的特性;损失型吸收波材可以利用自身损耗,对电磁波形成吸附效果^[1]。

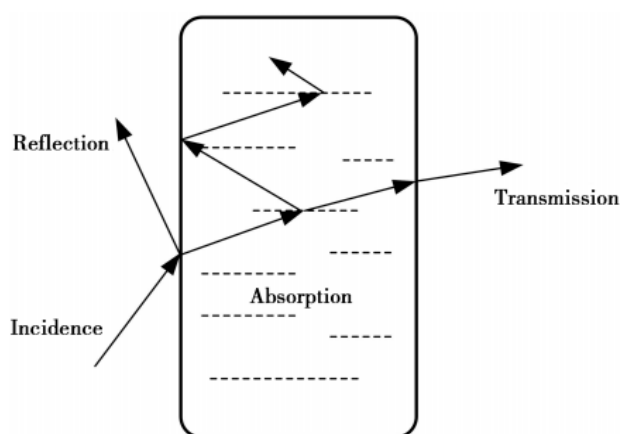


图1 入射电磁波在物质上的传递路径

根据消耗的不同基本原理,有耗材料包括电损耗、电磁损耗和两种基本消耗原理的组合。电损耗材料消耗的基本原理一般包括电磁自然谐振损耗和磁滞损耗。损耗材料通常受到介电电子、离子极化和界面极化的吸引、减弱电磁波,但也可分成电介质型和电阻损耗型两种。电介质型吸引波材质的损失机制为介质电极弛豫损失;而电阻损耗型吸引波材质的损失机制则为电阻损失作用。但目前电磁屏蔽方面,对损失型吸引波材质的研究较多,其电磁波的传播基本原理也比较复杂。

2.1 反射损耗机理

反映损耗工作过程中主要是利用物质对电气波的反射来实现遮蔽的目的,高效的反映屏蔽技术通常要求物质能够反映或部分进入电磁波。反射损耗是半导体材料中带电粒子(自由阳离子和空穴)与电磁场相互作用的产物,损耗容量与材料对真空的渗透率或物质对理想铜的电导率进行比较。通常,屏蔽材料的电导率越高,渗透率越低,电磁波反射损失的能量比例越大。高导电性元素如银、铜等金属材料,连续的导电通道固定在介质表面会造成电磁波反射的有效损耗,因此反映屏蔽技术起作用;对磁导率较高的元素,如铁和磁钢等金属材料,吸附屏蔽则起作用。

利用反射损耗原理实现电磁屏蔽后,会出现一些更具体的情况,即反光过去的电磁波对外部电子元件或设备内部结构的正常运行造成影响,从而造成第二次电磁波辐射影响。依据电磁波基础理论及物体与电磁波的相互影响原理,最有效的办法是在增强屏材料通过反射损耗实现电磁屏蔽后,会出现一些更具体的情况,即反光过去的无线电对周围导电元件或设备内部结构的正常运行造成影响,从而造成第二次电磁波辐射影响。而依据电磁波理论及建筑材料与电磁波的相互影响原理,最有效的办法就是通过提高屏蔽材质对电磁波的吸收效率,将电磁辐射能量尽可能地损失到建筑材料里面,从而降低对周边设备的影响^[2]。

2.2 介电损耗机理

当电磁波作用在电介质材料上时,电通过散射转化为正能量,从而产生介电损耗。介电损耗的主要机理可分为生产电导率损耗(TG)d、介电弛豫损耗(TG)d REL、配位损耗(TG)d Res)和其他类型的损伤。对于具有特殊磁导率的电磁波,吸收材料可以在交变电场中产生导电电流,在电场技术中产生极化过程。如果极化低于负载变化的值,则介电弛豫丢失。共振损耗是由共振产生的,共振是由长波材料中分子之间的吸收、分离或电子共振产生的。共振是由波材料中原子的吸附、分离或电子配位形成的。他们证实,场壁的位移也会在铁电陶瓷中产生热介电损耗。场墙的位移可归因于低频区的点辐射和高频区网格的热反射。

3 常见电磁屏蔽材料和吸波材料的分类及特点

3.1 电磁屏蔽材料

电磁屏蔽材料一般由电线填料、树脂工艺黏合剂、溶液和其他添加剂组成。根据填料的类型,可分为碳基、银基、铜基和钴基电磁屏蔽材料。银系金属具有稳定的化学性质、良好的防锈性和良好的导电性,但由于价格昂贵,它们也被用于某些特定行业。黄铜系列产品生产成本相对较低,但黄铜易氧化,导电性不稳定。因此,只有通过特殊的表面处理,可以得到更安全的黄铜制基漆。由于镍系涂层具备很大的吸收与扩散功能,电磁矢量衰减程度很高。所以,镍拥有良好的抗氧化性能、耐化学腐蚀等特点,完全可以满足要求。镍系的电磁热屏蔽材料在涂料中仍占据着较大份额。由于铝合金材料虽然拥有良好的固有导电性,然而,当温度过高时,也容易产生非常稳定的表面氧化物,并且由于在产生极高电压时,表面氧化物与其他粒子之间缺乏高导电性,因此铝合金在材料中的实际应用很少。然而,碳基导电材料的导电性相对较差,应开发并应用于导电性高、结构强的炭黑填料中,以减少其尺寸电阻的热屏蔽降低。近年来,电缆涂层用复合材料的开发一直是电缆涂层应用领域的热门话题。其中,镍在这一领域价值巨大。第一,具有高导电性的涂层,该涂层可涂覆在镍填充材料本身的表面上。第二,镍可以涂覆在其他材料的表面上。经科学研究的证实,高镀镍石墨是较有

发展前景的,因为它能够获得比纯石墨高得多的导磁性,但同时生产成本也要比纯镍填料更低廉,因此此类产品对屏蔽涂层技术造成了很大冲击^[3]。

3.2 吸波材质

按材质的吸波损失基本原理,可分为电阻型、电导体型和铁磁介质型。由于吸波材质的特性主要是依靠吸波剂的损失吸附能力,所以对吸波剂的深入研究历来是吸波材质科研的重心。目前,一般有下列几类的吸波材料。

3.2.1 铁酸盐吸波材料

铁氧体吸波材料的重要基本原理为自然共振。所谓自然共振是指铁酸盐在不外加恒磁的前提下,由入射交变磁场的角频谱与铁晶体的磁各向异性之间的相互影响所决定的,本征与吸收角频谱相同后发生过动共振,因而大部分吸收了电磁波的能力。铁氧体吸波材料有能源吸收高、波段范围广及成本低的优点,不过由于它的体积较大,因此耐高温能力较差。

3.2.2 纳米吸波材料或纳米吸波材料

指一种材料的尺寸大约为0.1~100纳米的金属板材。它有高吸收带宽、与机械相容性好、重量轻、厚度范围较薄的特性。基于纳米材料的大小尺寸效应、表面和边缘效应、量子尺寸效应以及量子隧道效应等,它具备了宏观材料所不具有的诸多优点。纳米吸波材料对电磁波,特别是对中高频电磁波有着良好的吸收特性。

3.2.3 多结晶铁玻璃纤维吸波复合材料

多结晶铁玻璃纤维吸波复合材料,包括了铁、镍、钴以及复合材料玻璃纤维。它的吸波原理一般为涡流损失和磁滞损耗。另外作为一个良导线,有很好地对介质损耗吸收特性,在外部交变电场的影响下,光纤中的原子发生震荡,并将它的部分电子转换为能量。多晶体铁纤维有着奇特的外形与各向异性,能在很广的波段内获得高吸收率,而且也是一类轻质的吸波建筑材料。

3.2.4 导电性及阻燃的高聚物

导电能力阻燃高聚物是由共主链的绝缘高分子,通过物理化学和电气物理化学的方法与掺入剂进行电荷变化后,组合而成的。它具有分子密度范围相对较小,分子结构复杂多变,及特殊的物理、生化等特点。导电阻燃类的大分子或化合物材料由于具有离子共轭体系,其电导率可以在绝缘体、半导体材料以及各种金属范围内随意波动。若将它与无机低损耗材料以及金属超细的水平颗粒组合,则能够产生一类的新型轻量化高频吸收材料^[4]。

3.2.5 等离子体隐身技术

随着科学研究的发展,复合吸收剂的研究已成为中国

覆盖技术领域的一个热点。多功能吸波复合材料,尤其是光吸波无机相和有机高分子材料,也有更深入的研究。该大学和其他人还通过深入研究碳纳米管层的电磁波吸收特性,证明了碳纳米管层在不同基底上的导电特性是不同的。有专家对掺杂锡的氧化铟(ITO)薄膜的吸波原理进行了探讨,ITO薄膜的高强紫外线穿透性和在中远红外波段优异的近红外线反射特性和微波衰减特性,使其具备了很好的使用前景。

3.3 多层电磁屏蔽与吸波材料

单组分生产的电磁波屏蔽材料虽然具备了加工简单,相对价廉的特性,但其也存在不足之处,首先电磁屏蔽性能受到了一定的限制,无法达到进一步提高电磁屏蔽效率的要求,其次,难以达到宽频屏蔽,由于单组分材料一般只能对特定波段有很好的屏蔽作用。再次,由于其主要是利用电子对周围电磁波的反应来实现遮蔽的目的,其所反应的电磁波对周围电子器件和设备内部的正常功能均会产生一定危害。基于电磁波理论和物质与电磁波的相互作用理论,推出多元复合的物质,这样物质对电磁波的吸引作用明显增强^[5]。

4 结语

宇航技术及军工科技的迅速发展对轻质宽频电磁波屏蔽材质提高了技术要求,以保障电子仪器装置和无线电仪器的正常运行。该文主要从电磁屏蔽原理入手,阐述了多种不同的电磁能量损耗类型及其对电磁波吸收能力测量技术。普通金属吸波材质普遍存在吸波频带狭窄、吸收特性较差的缺陷,采用一种改性有机硅的新工艺来改善微波炉的吸收性能。接收到的微波吸收层厚度很大,微波吸收性能不理想。然而,近年来,新型微波吸收材料的开发,如羰基铁和多晶铁纤维、磁性金属微波粉,其吸收微波、导电微波聚合物吸收、轻碳微波材料吸收、多组分新型微波复合材料、超材料的微波吸收技术发展迅速。

参考文献

- [1] 徐铭.电磁屏蔽用吸收反射一体化复合材料的研究[J].中国建筑材料科学研究总院,2011(9):23.
- [2] 王喜花,刘涛,黄丽,等.静电纺丝技术制备复合纳米纤维电磁屏蔽及吸波材料的研究进展[J].复合材料学报,2022(40):1-12.
- [3] 余春安,罗永康,匡松连,等.碳纳米管高温吸波材料研究进展[C]//全国第三届纳米材料和技术应用会议,2003.
- [4] 王浩继,王建国,朱时霖.一种轻质宽频电磁吸波材料及其制备方法[Z].
- [5] 杨智慧,孙新,田江晓,等.一种基于阻抗超材料的轻质宽频吸波材料及其制备方法:中国,CN110385903A[P].2019.