

Symposium D01

Metamaterials and Multifunctional Composites

超材料与多功能复合材料

2017年7月8-12日

分会主席:

彭华新	浙江大学
范润华	山东大学
李焱	哈尔滨工业大学
殷小玮	西北工业大学
范同祥	上海交通大学
秦发祥	浙江大学

联系人:

张子栋	山东大学
-----	------

电话: 15966675665
邮箱: 1986zzd@163.com

刘峤	山东大学
----	------

电话: 15069113206
邮箱: liuyao@sdu.edu.cn

D01. 超材料与多功能复合材料

分会主席：彭华新、范润华、李垚、殷小伟、范同祥、秦发祥

D01-01

超材料路线构筑常规材料

周济

清华大学

D01-02

仿生微纳米结构光热调控性能及其在航天中的应用

李垚，徐洪波

哈尔滨工业大学 150000

生物经过亿万年的进化，表现出了功能的多样性，其功能对于人类具有重要的借鉴意义。在仿生研究方面，涌现出了不少的重要科技成果，如仿荷叶表面超疏水的研究、仿壁虎脚超强黏附 脱附功能的研究、仿鲨鱼鳞片的表面减阻性能研究以及仿贝壳的超高力学性能材料。近年来仿生微纳米结构光热调控性成为研究热点。我们研究沙蜥的热控结构，发现其结构种有一层光子晶体结构，我从这层结构出发，通过控制表面张力、微球之间及基底与微球间的相互作用力，发展了大面积、高度有序、层数可控和高强度光子晶体的自组装方法；通过微球粒径的精确控制和结构优化，实现利用喷涂、对流自组装等方法构筑高质量、带隙可精确控制的光子晶体。在此基础上,设计和构筑一系列具有反蛋白结构的三维光子晶体，深入研究有序微结构和材料光热性能的关系。将光子晶体引入到电致变色材料中，可使响应时间明显缩短,并显著提高材料的光学对比度和红外波段发射率变化值，这对于发展高性能显示器件及热控器件具有重要意义。

关键词：热控，仿生微纳米结构，航天

D01-03

掺杂石墨烯的磁性能及其复合材料的微波特性

秦发祥

浙江大学

D01-04

超常性质超常材料研究进展

刘峒，解培涛，屈云鹏，张子栋，范润华

山东大学材料液固结构演变与加工教育部重点实验室

D01-05

静电纺丝法制备功能化石墨烯/聚酰亚胺导热复合材料

郭永强，吕昭媛，顾军渭

西北工业大学理学院应用化学系 710129

聚酰亚胺（PI）是一种综合性能优异的特种工程塑料，在航空航天、微电子、精密机械和医疗器械等许多高新技术领域具有广阔的应用前景。但PI导热系数低（ $\lambda=0.28\text{ W/mK}$ ），使其应用受限。

原位聚合可以实现导热填料在PI体系内的均匀分散,静电纺丝可以实现导热填料沿PI纤维方向排列。基于此，本研究工作以4,4'-联苯醚二酐（ODPA）、1,3,4-三苯基二醚二胺（APB）为原料，以单氨基笼型聚倍半硅氧烷（ $\text{NH}_2\text{-POSS}$ ）化学修饰石墨烯（CMG）为导热填料，采用原位聚合-静电纺丝法制备CMG/聚酰胺酸（CMG/PAA）导热复合纤维，再经“热亚胺化-剪裁层叠-模压成型”工艺制备CMG/PI导热复合材

料。

结果表明, CMG/PI 复合材料的导热性能和玻璃化转变温度 (T_g) 均随 CMG 含量的增加而增大。当 CMG 质量分数为 5 wt 时, CMG/PI 复合材料的 λ 为 1.05 W/mK, 约为纯 PI 4 倍; 此外, CMG/PI 复合材料的 T_g 为 213.0°C。同时, CMG/PI 复合材料具有极优的热稳定性。

参考文献:

[1] J. Gu, C. Liang, X. Zhao, B. Gan, H. Qiu, Y. Guo, X. Yang, Q. Zhang, D. Wang, *Compos. Sci. Technol.*, 2017, 139, 83-89.

[2] J. Gu, S. Xu, Q. Zhuang, Y. Tang, J. Kong, *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, 2017, 24, 784-790.

[3] J. Gu, Y. Guo, X. Yang, C. Liang, W. Geng, L. Tang, N. Li, Q. Zhang, *Compos. Part A*, 2017, 95, 267-273.

关键词: 石墨烯, 聚酰亚胺, 静电纺丝, 导热复合材料

D01-06

过渡族原子掺杂 δ 型二氧化锰微波吸收磁性损耗特性的第一性原理分析

宋潞璐, 段玉平

大连理工大学材料与工程学院 116024

本论文采用第一性原理研究 δ -二氧化锰掺杂过渡族原子 (Ti、V、Cr、Fe、Co、Ni、Cu) 后, 对其微波吸收性能的影响。

计算采用 CASTEP, 计算过程中考虑电子自旋, 并对掺杂后的体系进行了态密度分析。

计算表明, 对体系电子自旋密度进行分析, 本征态二氧化锰的电子自旋密度近似为 0, 掺杂 Fe 原子后, 体系的磁性提高最大, 为 5; Co、Ni、Cu 掺杂后, 自旋密度分别为 4、3、4。Ti、V、Cr 掺杂后对提高体系的磁性贡献有限。由态密度 (DOS) 可得, 掺杂之后带隙均有不同程度的减小。掺杂 Cr 原子后带隙由 1.506 减小到 0.29, 减小最为明显。Ni 原子掺杂带隙减小幅度最小, 掺杂后带隙减小到 1.439。在掺杂 Co 原子后, 禁带处出现新的峰, 表现出半金属特性。

这些结果均表明, 在掺杂过渡态金属原子后, δ 型二氧化锰的磁性和导电性能将有所提高, 使其在微波段吸波过程中涡流损耗作用增强, 进而提高二氧化锰的微波吸收性能

关键词: 二氧化锰, 掺杂, 过渡元素, 第一性原理计算

D01-07

基于钡纳米粒子与碳的纳米复合物的无酶电化学测定葡萄糖的研究

陈丁龙, 王惠英, 次立杰, 李中秋, 崔文广

石家庄学院 050035

目的: 建立一种采用钡纳米粒子负载在活性炭上灵敏和稳定的电流型无酶的测定葡萄糖的传感器。

方法: 钡纳米粒子采用简单的甲醇调制的弱覆盖生长的方法制备。将其吸附在活性炭上后, 扫描电镜、透射电镜、能量分散 X-射线光谱仪、X-射线衍射和电化学方法等技术用于确定钡纳米粒子和碳复合材料的生成。

结果: 由于钡纳米粒子和碳基质的协同效应, 合成的纳米复合材料有很好的葡萄糖氧化的性能。据此, 建立了一个在 -0.05 V 电压和 0.1 M NaOH 条件下简单和选择性的电流型测定葡萄糖的方法。

结论: 传感器电流信号和葡萄糖浓度在 0.1 到 20 mM 范围内呈良好的线性关系, 检测限是 20 μ M。此修饰电极对血清中葡萄糖的测定也有好的效果。在此构建的电化学测定方法也可扩展到其他的电化学传感器中。

关键词: 钡纳米粒子; 碳; 葡萄糖; 电流型; 协同效应

D01-08

FeCoNiSi_xAl_{0.4} 高熵合金的电磁吸收性能

张彬

大连理工大学 116024

随着微波电磁技术的飞速发展,对于应用于恶劣环境条件下的民用或军用电磁波吸收材料都有着日益增长的需求。高熵合金具有许多传统合金所不具有的优异性能,如较好的热稳定性、抗腐蚀和抗氧化等特性。其中,FeCoNiSi_xAl_{0.4}高熵合金具有较高的饱和磁化强度,且随着Si含量的改变合金的磁晶各向异性常数和磁致伸缩常数接近于零,使得合金具有相对较大的磁导率。在酒精做球磨介质的条件下,各金属粉末充分混匀后经70h球磨可制得随着Si含量变化的FeCoNiSi_xAl_{0.4}(0≤x≤0.6)高熵合金粉。由于合金粉中的Si元素较脆,故而对合金颗粒的长径比产生改变,进而影响合金的高频介电常数和磁导率。随着Si含量的增加,磁导率的值呈现先增大后减小的趋势,并且当x=0.4时,磁导率达到最大。界面极化和表面极化效应相互变换起主要作用使得介电常数和介电损耗都呈现相同的变化规律。由于颗粒的长径比发生改变,导致合金的自然共振峰有向低频方向移动的趋势。另外,当Si含量较小时,电磁参数呈现不同的变化规律。当0<x<2时,介电常数和磁导率都呈现先减小后增大的趋势。介电常数的减小是由于Si含量的增大和Si的加入使得晶格缺陷引起散射弛豫时间减小共同作用使得电阻率增大导致的。而磁导率的减小是由于合金饱和磁化强度的降低为主要作用而导致的。当x=0.4时,制备的高熵合金所具有的磁导率最大。

关键词:高熵合金;球磨;电磁吸收;FeCoNiSi_xAl_{0.4}

D01-09

层状MoS₂修饰MOFs衍生TiO₂的制备与其光电化学性能研究

唐瑞,尹龙卫

山东大学材料液态结构演变与加工教育部重点实验室 250061

TiO₂具有无毒、光化学稳定等特点,是染料敏化太阳能电池、光电解水光阳极的常见材料。但由于光响应范围窄、载流子传输性能差,本征TiO₂的光电化学性能受到了严重的影响。

为了解决上述问题,我们利用两步水热法制备了层状MoS₂/MOFs衍生双相TiO₂复合物,并应用于染料敏化太阳能电池和光电化学解水的光阳极材料中。

MOFs衍生双相TiO₂通过前驱体阳离子交换,具有可调的孔尺寸。相比于普通MOFs衍生TiO₂,能够延长光传输路径并促进界面载流子传输。通过复合层状MoS₂,本征TiO₂的光响应范围能够被有效拓展至可见光区域。更重要的是,通过在层状MoS₂、双相TiO₂间构建能带结构匹配的多重异质结,体系中光生载流子的传输性能能够获得显著地改善。

作为染料敏化太阳能电池光阳极材料,层状MoS₂/MOFs衍生双相TiO₂复合物能够获得17.72 mA cm⁻²的光电流密度,以及8.96%的能量转换效率。作为光解水光阳极材料,其获得了1.2 mA cm⁻²的光电流密度。这一工作为利用MOF衍生功能材料构建新型太阳能转换器件提供了新思路。

关键词:MOFs;TiO₂;层状MoS₂;染料敏化太阳能电池;光电解水

D01-10

宽带吸收超材料

官建国

武汉理工大学材料科学与工程国际化示范学院,材料复合新技术国家重点实验室,武汉 430070 430070

微波吸波材料可以吸收电磁波、防止微波辐射、微波侦测,在民用、军用及商业领域应用具有重要应用前景。传统的磁性吸波材料借助其高磁导率,以较薄厚度和较小重量在高频段(X, Ku)展现出较强的带宽吸收,但是低频吸收性能仍然较差。超材料吸波体由于具有完美吸收与吸收频段可调制等特性引起了广泛关注,然而其窄的吸收带宽限制了其应用。本报告通过结构设计,阐明激发超材料的高次模和充分利用超材料的电磁频散特性可以有效拓宽超材料吸收体吸收频宽的物理机制;并分别加工制备能全光谱范围

内吸收可见光的耐高温吸收超材料、耐高温微波吸收超材料和可见光透明的雷达吸波超材料。同时，利用超材料与传统吸波材料的各自优点，发展二者的复合技术，研制在高低频同时具有优异吸波性能的新型微波吸收材料；并利用等效介质理论和电路模型，阐明这类复合超结构之间的复合机理，为宽带吸波材料的设计提供新手段。同时，利用铁氧体共振频率对磁场的依赖性，设计制备了一种吸波性能能在宽带范围内可调的吸波超材料。

关键词：微波吸收材料，吸收体，超材料，宽带，吸收频率可调

D01-11

锂电池用固态电解质的研究进展

汪长安

清华大学 100084

锂离子固态电解质是下一代锂离子电池（锂水、锂空气和全固态电池）的重要组成部分，可以减少金属锂负极的副反应，防止锂枝晶穿透，有助于解决锂电池的循环稳定性和安全性问题，是当前锂电池材料的一个重要研究方向。本报告主要介绍了作者所在的课题组近年来在固态电解质方面的研究进展，包括石榴石型、NASICON 型和钙钛矿型固态电解质的制备和研究工作，制备出具有高锂离子电导率的固态电解质。并在此基础上，开展了有机-无机复合固态电解质、以及弹性无孔酰胺脲橡胶电解质膜的研究工作。最后，简要介绍了固态电解质的发展趋势和研究方向。

关键词：锂电池，固态电解质，电导率

D01-12

负介电常数可控的三维碳基复合材料

钱磊，吴海坤，尹锐

山东大学材料科学与工程学院 250061

一般情况下，大多数材料的介电常数和磁导率为正值，负介电常数材料是介电常数为负值的一类材料，近年来日益受到国内外研究学者的关注和极大兴趣。此类材料表现出与传统材料不同的性能，在近场光学成像、无线电力传输和射频天线等领域具有很大的应用潜力。同时，负介电常数材料也可与负磁导率材料一起构建超材料。负介电常数材料通常通过人工构建周期性阵列结构来获得，采用传统复合方法制备负介电常数材料的报道相对较少。近年来，我们课题组采用传统的复合方法在陶瓷和树脂基体中构建了三维碳基（石墨烯、碳纳米管和无定形碳）复合材料，详细研究了复合材料的逾渗、介电常数和介电损耗等性能，阐述了此类复合材料呈现负介电常数的机制，并且通过调节复合材料中碳材料的含量，可对其负介电性能进行调控。考虑到传统复合方法具有灵活性强、制备过程简单和原料来源丰富等优点，此类方法有望用于构建新型超材料和电磁功能材料。

关键词：负介电常数；碳材料，三维结构

D01-13

基于液体金属超材料的可开关电磁诱导透明

许晶，樊元成，杨蕤生，付全红，张福利

西北工业大学 710129

电磁诱导透明(Electromagnetically Induced Transparency, EIT)是三能级原子系统中的一类量子光学现象，表现为原子气对探测光的宽带吸收背景内出现一个极窄的透射峰，EIT 现象中的窄峰透射、强色散等特征可以用于实现慢光效应，并极大地拓宽了相关功能器件的设计思路。近年来在人工微结构的研究中，研究人员类比量子 EIT 现象，通过设计和制造含有“明/暗”单元的超材料等结构在经典光学中观测到了类电磁诱导透明效应，首次将量子光学现象引入到了经典光学领域。本工作将液态金属引入超材料结构单元，旨在

实现对类 EIT 行为的动态调控, 探究液态金属线结构的尺寸及其在结构单元中的相对位置变化对谐振透射峰幅值和宽度的影响, 以实现基于类 EIT 行为的开关器件, 探索解决超材料窄带、工作模式固定等新问题的新方法。

本工作尝试将液态金属(镓铟合金)引入实现类 EIT 效应的超材料结构中, 提出了一种由液态金属线结构和一对对称的金属线组合而成的类 EIT 谐振器, 并通过液态金属的调控实现对类 EIT 效应的调控。随后, 使用高精度注射泵向充斥着液态金属的导管内注入高温热水, 冲走液态金属, 探究基于类 EIT 行为的开关调控。

导管内注入液态金属时, 在 4.929GHz 处实现了类 EIT 效应。注入高温热水后, 透射峰消失, 由此实现了基于类 EIT 行为的开关调控。通过改变液态金属线结构的尺寸及其在结构单元中的相对位置, 实现了对谐振透射峰幅值和宽度(或品质因子 Q)的调控。

液态金属是对类 EIT 行为进行调控的一种可取材料, 进而对于解决超材料结构形成后窄带、固定工作模式的局限有着重要意义。

关键词: 电磁诱导透明 (Electromagnetically Induced Transparency), 液态金属 (Liquid Metal), 可调元件 (Modulator), 开关 (Switch)

D01-14

NiCo₂O₄-CoNiO₂ 复合材料的微波吸收性能研究

吴宏景

西北工业大学 710072

材料微观结构与微波吸收性能的关系一直是多功能复合材料研究的热点问题。本文采用一步法成功制备了 NiCo₂O₄-CoNiO₂ 复合材料。由于存在物相间的协同作用, NiCo₂O₄-CoNiO₂ 复合材料表现出较强的吸波性能。在 450°C 煅烧温度下, 由于存在偶极子极化和界面极化, NiCo₂O₄-CoNiO₂ 复合材料表现出较大的复介电常数。其最大的反射衰耗 (RL) 在 11.84GHz 达到 -42.13 dB, 其厚度仅为 1.55 mm。且当反射损耗低于 -10 dB 时, 频宽在 13.12-17.04 GHz 范围。非常有意思的是, 微波吸收性能与 NiCo₂O₄-CoNiO₂ 复合材料的晶格缺陷有关。具有最多晶格缺陷的 NiCo₂O₄-CoNiO₂ 复合材料具备最佳的微波吸收性能。此结果表明可以从材料微观结构和缺陷等角度调控复合材料微波吸收性能。

关键词: 复合材料; 微波吸收; 协同作用

D01-15

金属氟聚物活性复合材料释能特性研究

李辰昊, 谭成文, 于晓东, 聂志华

北京理工大学 100086

金属氟聚物活性材料常温下稳定, 在高温或者高速冲击下发生高放热反应。相比于 Al/PTFE 活性复合材料, 本文所用 THV/Ta/Bi₂O₃ 具有易于加工、反应温度低、可持续放热等优点。

通过溶剂蒸发法分别制备 THV/Ta/Bi₂O₃ 质量比 17.2%/40%/42.8%、20%/33.4%/46.7%、17.6%/52.9%/29.5% 的金属氟聚物活性复合材料。通过 DSC 分别测得三组材料的热流及热重曲线。对三组成分材料截取相同尺寸细长条进行静态点火实验, 测试燃烧速度。

THV/Ta/Bi₂O₃ 质量比为 17.6%/52.9%/29.5% 的材料反应最快, 质量比为 17.2%/40%/42.8% 的材料相比较慢, 质量比为 20%/33.4%/46.7% 的材料反应最慢。随 Ta 的含量上升, THV/Ta/Bi₂O₃ 活性复合材料反应速率上升。

关键词: 活性复合材料, 释能特性, 反应速率

D01-16

雷达波吸收材料: 吸收峰形成机理与制备技术新进展

李发伸

兰州大学磁学与磁性材料教育部重点实验室

D01-17

三维打印成型工艺制备 Si-C-N 陶瓷的电磁性能

Xiaowei Yin, Wenyan Duan, Litong Zhang, Laifei Cheng

Northwestern Polytechnical University

随着电磁污染加剧,电磁透波/屏蔽/吸波材料日益受到关注。Si-C-N 陶瓷具有优异的高温力学性能,其介电性能可调,通过调控其微结构和相组成可使其具有电磁透波/吸波/屏蔽功能。三维打印成型是一种新型增材制造方法,可快速制造任意复杂的三维几何实体。采用三维打印成型与化学气相渗透和聚合物浸渍裂解工艺相结合,可以实现 Si-C-N 陶瓷的多尺度设计与制备,在较大范围内设计材料的相成分和微结构,实现介电性能和力学性能的协同设计。本文综述了三维打印成型工艺制备 Si-C-N 陶瓷的研究现状。

D01-18

介质超材料在微波器件中的应用

毕科

北京邮电大学 100876

超材料(Metamaterial)作为一种“具有天然材料所不具备的超常物理性质的人工复合结构或复合材料”,已经成为当今物理和材料领域的研究热点。目前,研究者大多采用人工金属结构来调控电磁波,从而实现超常电磁性能。但是,随着器件小型化和多功能化发展,此类超材料已经面临加工难、损耗高以及可调性差等因素的严重影响。为了解决这一问题,清华大学周济教授课题组提出了以电磁介质为结构单元构造超材料,并对介质基超材料做了大量的研究工作。介质超材料是超材料大家庭的有效补充,为超材料的应用提供了无限可能。

天线、滤波器、传输线等微波器件是雷达、通讯系统的重要组成部分。如何运用新材料新技术提高微波器件的性能是一个十分重要的课题。近几年,我们根据超材料的设计思想,将介质超材料与天线、滤波器等微波器件进行有效结合,制备出几种具有特殊性能的介质超材料微波器件。1. 基于铁磁共振原理,设计并制备出了禁带频率可磁场调节的铁氧体基滤波结构。2. 为了简化可调滤波器的结构,根据超常透射和铁磁共振原理,将铁氧体与刻有孔隙的金属板相结合,设计并制备出了磁场可调的单层带通滤波结构。3. 基于介电颗粒的 Mie 谐振效应,我们将介电超材料引入到微带天线中,设计和制备出了发射频带可调的介质天线。

随着通讯技术的快速发展以及超材料理念不断进步,介质超材料有望在通讯器件中得到更多的、行之有效的应用。

关键词: 介质超材料; 微波器件

D01-19

贵金属纳米颗粒超晶体的表面等离子激元共振特性研究

杨鹏 1, 万艳芬 1, 吴治涌 2, 尹航 1, 马谗 1

1. 云南大学

2. 西安电子科技大学

由于其即不同于单个纳米颗粒、也不同于块材的、可调节的集体物理性能,超细纳米颗粒有序自组装成的超晶体,受到了广泛关注。尤其是超晶体的表面等离子激元共振特性(SPR),为其在生物标记、癌症治疗、信息存储等领域的应用奠定了基础。

这里首先可控制备了超细(直径 4-7nm)单分散(粒径分布<6%)的金、银纳米颗粒,并对其进行了

表征。在此基础上，生长金、银纳米颗粒二维自组装薄膜超晶体，并使用紫外可见光光谱方法对其表面等离子激元共振特性进行了表征。与此同时，使用离散偶极子近似（DDA）方法，对超晶体的表面等离子激元共振特性进行了理论计算。

实验结果表明，银纳米颗粒二维超晶体的 SPR 峰分裂成纵模和横模两种模式。而金纳米颗粒的二维超晶体没有呈现 SPR 峰分裂。理论计算的结果与实验高度一致。

银纳米颗粒二维超晶体中表现出的 SPR 峰分裂现象可以归因于二维超晶体的平面结构所带来的本征各向异性。金和银纳米颗粒二维超晶体表现出不同的 SPR 行为，则是因为金、银这两种金属材料本身介电行为的差异。

关键词：金纳米颗粒；银纳米颗粒；自组装；超晶体；表面等离子激元；离散偶极子近似

D01-20

Smart Moisture Responsive Wrinkling Surfaces With Changeable Dynamics

Luyi Sun, Songshan Zeng, Rui Li, Dianyun Zhang

University of Connecticut

Surface instability such as wrinkles universally occurs in various types of materials with a wide scope of dimensions. Here, we invent three types of moisture responsive wrinkling surfaces with different dynamics based on a bilayer structure. All the three surface are initially flat and forming wrinkles as moisturized but with different responsive behaviors upon further moisturized, dried and re-moisturized. In the first responsive dynamics, the highly opaque wrinkling surfaces can be rapidly generated as moisturized and sustains for ca. 30 s followed by rewinding to transparent flattening surface upon further moisture exposure and no wrinkling surface is created again upon re-exposed to moisture. This allows the design of an intriguing moisture responsive encryption device with the capability of “erase after read”. In the second dynamics, the wrinkling surface can be rapidly generated as moisturized and keep stable regardless of moisture exposure time. Upon drying, the wrinkles can be released back to original flattening surface. The wrinkling and flattening surface can be repeatedly and reversibly created upon multiple dry/moisture cycles. A corresponding novel application of breathing activated anti-counterfeit tab is demonstrated. In the third dynamics system, the wrinkling surface can be generated as moisturized and keep stable in moisturizes and dried state. This surface can be applied as a water indicator for electronic circuit, anti-glare surface and optical diffusor.

Keyword: Wrinkles; moisture; dynamics

D01-21

分级孔材料的结构设计及电化学储能

尹龙卫

山东大学 250061

Metal-organic frameworks (MOFs) or coordination polymers have drawn much attention for their applications as electrodes for energy storage applications. In the present work, nitrogen-doped carbon sponges composed of hierarchically micropores carbon layers, a sandwich-like structure with reduced graphene oxide (RGO) wrapped MOF-derived $\text{ZnCo}_2\text{O}_4\text{-ZnO-C}$ polyhedrons on nickel foam as an anode for high performance lithium ion batteries, core@shell structure of $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{@Co}_3\text{O}_4$ hollow structures from MOFs precursors are synthesized. Three dimensional S/carbon aerogel, spinel $\text{ZnMn}_2\text{O}_4\text{/CA}$, $\text{Co}_3\text{O}_4\text{/CA}$ hybrids with abundant pores and large surface area, are designed and synthesized. The electrochemical energy storage performance and related mechanism, are systematically investigated.

Keyword: porous; metal-organic framework; carbon aerogel; electrochemical energy storage; electrode

D01-22

Responsive Polymer Nanocomposites

Zhanhu Guo

University of Tennessee

Strain sensors based on the resistance change upon exposing to mechanical deformation have been drawn great interests owing to their wide applications including health monitoring, movement detection and structural health monitoring. Recently, conductive polymer composites (CPCs) based strain sensors have attracted attentions due to their quick response in the form of electrical resistance variation when subjected to tensile strain. In this work, two dimensional graphene was used as electrical conductive filler to fabricate thermoplastic polyurethane based strain sensors. Compared with other carbon based electrical conductive fillers, such as one dimensional carbon nanotubes and zero dimensional carbon black, graphene possesses superior mechanical flexibility, high restorability and carrier mobility, which enable its application in highly sensitive strain sensors with good reproducibility. Meanwhile, the polymer nanocomposites have shown their sensitivity to magnetic field and other stimulus, which will be presented in this talk.

Keyword: strain; magnetic field; potential.

D01-23

SrTiO₃/BaTiO₃ 复合材料的制备及其电磁性能调控

党锋, 李红宇, 王忠阳

山东大学 250061

利用二步合成法制备表面 SrTiO₃ 包覆的 BaTiO₃ 纳米粒子。颗粒尺寸大约 100 nm 左右, SrTiO₃ 包覆层厚度可控制在 3-10 nm 之间。XRD 测试证明 BaTiO₃ 为四方相, 拉曼测试确认复合粒子中不但含有四方相还含有单斜相。利用二步烧结法制备的陶瓷样品在 5 MHz 左右获得了负介电。通过 STO/BTO 的复合, 可以将 BaTiO₃ 的谐振频率从 600 MHz 降到 5 MHz 以内。我们认为在陶瓷样品中形成了 STO/BTO 的晶格畸变层网络, 从而显著的改变 BaTiO₃ 的电磁性能。

关键词: BaTiO₃, SrTiO₃, 负介电, 超晶格

D01-24

A facile synthesis of Mn₃O₄ nanoparticles decorated graphene as enhanced performance electrode for supercapacitor

Hui Sun^{1,2}, Chengbao Liu^{1,2}, Junchao Qian^{1,2}, Feng Chen^{1,2}, Zhengying Wu^{1,2}, Zhigang Chen^{1,2}

1. School of Chemistry, Biology and Materials Engineering, Suzhou University of Science and technology

2. Jiangsu Key Laboratory for Environment Functional Materials, Suzhou University of Science and Technology

Graphene was prepared by using the plant stem as a biotemplate through high temperature carbonation. Mn₃O₄/graphene composites were then prepared by a simple hydrothermal process from the previously prepared graphene. The surface morphology and structure of the Mn₃O₄/graphene hybrids were characterized by X-ray diffraction spectroscopy (XRD), Raman spectra, field emission scanning electron microscopy (FESEM), high resolution transmission electron microscopy (FESEM), X-ray photoelectron spectrogram (XPS), adsorption-desorption isotherms and electrochemical test. The results showed that the metal oxide nanoparticles were uniformly supported on the surface of graphene. Judging from the XRD, XPS and Roman, we could know that the crystal was Mn₃O₄ nanoparticle and the average crystallite size of Mn₃O₄/graphene was about 21 nm. The composites exhibited excellent specific capacitance as high as 196 Fg⁻¹ in 1 M Na₂SO₄ electrolyte at a charging rate of 2 A/g and fantastic long term cycle stability. The capacitance of the composites was 88% retained after

1000 cycles at a charging rate of 2 A/g. The superior electrochemical properties could be due to the improved accessible area for ions in electrolytes and enhanced conductivities. The present study provides a facile way to design a high-performance Mn_3O_4 /graphene based supercapacitor electrode and the concept is extendable to other pseudocapacitive electrodes.

Keyword: graphene; Mn_3O_4 nanoparticles; hydrothermal method; electrochemical properties; supercapacitor;

D01-25

四甲基铵阳离子插层层状二氧化锰作为高性能的插层赝电容

赵瑞正, 张芦远, 王成祥, 尹龙卫

山东大学 250061

为了改善目前层状二氧化锰电容存储过程仅发生在其表面, 易发生团聚, 较小的层间距和差的导电性, 进一步导致较差的循环性能和倍率性能。

我们采用一种有效的方法通过调控 K^+ , H^+ , TMA^+/H^+ , TMA^+ 阳离子的插入层状 MnO_2 分子层之间来扩大其层间距, 以此制备插层赝电容提升其电化学性能。

制备的 K-birnessite 材料的层间距约为 0.52nm, 而 TMA-birnessite 材料的层间距约为 0.77 nm。在 2.0 A g^{-1} 的电流密度下, 与 K-birnessite, H-birnessite, $TMA^+/H^+ = 800$ (352.8, 414.9, 497.25 F g^{-1}) 材料的可逆比电容相比较, $TMA^+/H^+ = 1000$ 材料具有较高的可逆比电容(580.05 F g^{-1})和良好的循环性能(1000 次循环后仍保留 112% 的电容性能)。甚至在 20.0 A g^{-1} 的电流密度下, $TMA^+/H^+ = 1000$ 材料仍然保留较高的可逆比电容(503 F g^{-1}), 而 K-birnessite, H-birnessite, $TMA^+/H^+ = 800$ 材料的可逆比电容严重衰减到 180, 216, 433 F g^{-1} 。

扩大层间距增大了离子扩散渠道, 削弱了层与层之间的相互作用, 降低了电荷扩散的阻力, 这样有利于离子快速插层, 使得活性物质得到充分利用。更重要的是, 大多数 MnO_2 层的分子水平厚度能够在扩散渠道的两边, 暴露几乎所有的活性位点, 从而大大提高了电化学存储性能。该方法为制备其他新型的插层赝电容和层状材料提供了可行性和思路。

关键词: 插层, 层间距, 层状二氧化锰, 赝电容

D01-26

无模直写(3D 打印)柔性钛酸钡/PDMS 复合材料力场可调光子晶体

朱朋飞 1,2, 杨炜沂 1, 王荣 1,3, 李勃 4, 李琦 1

1. 中国科学院金属研究所
2. 中国科学技术大学
3. 中国科学院大学
4. 清华大学深圳研究生院

采用无模直写的方法制作力场可调的柔性木堆结构光子晶体。

无模直写的浆料采用复合材料, 由高介电常数的钛酸钡($BaTiO_3$)和弹性体聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 强烈混合而成。该浆料满足剪切稀化特性, 使得该浆料在外加压力的作用下, 可以均匀的流出打印头。在外力撤去之后又难以流通。同时, 在流变测试结果显示, 在没有剪切力的时候, 弹性模量 $G' > \text{损耗模量 } G''$, 此时浆料将保持固态; 而随着剪切力逐渐增大, 弹性模量 G' 和损耗模量 G'' 均迅速减小, 并且损耗模量 G'' 将逐渐大于弹性模量 G' , 此时浆料将流动。此测试表明, 该浆料可以作为 3D 打印浆料。

将该浆料进行打印, 制作成 180 μm 直径的介质棒的木堆结构, 通过调整介质棒的间距为 400、500、600 μm ; 调整层数为 8、12、16 层, 调整钛酸钡($BaTiO_3$)占该复合物浆料的质量比为 10wt%、20wt%、30wt%、40wt% 制作成光子晶体。采用太赫兹时域光谱仪测试其太赫兹波透射谱。

结果显示, 在结构相同, 钛酸钡含量不同时, 光子带隙随着含量的增加而减小。在相同含量的钛酸钡、相同层数, 不同间距时, 光子带隙随着间距的增加减小。在含量相同, 间距相同, 层数不同时, 带隙的位

置相同，而吸收强度随着层数增加而逐渐增大。在对该光子晶体进行在外力下测试时，我们发现，在拉伸的作用下，光子晶体逐渐拉长，随着伸长率的增加，带隙逐渐向低频移动。在对光子晶体进行扭转测试时，我们发现，当扭转的角度不同，带隙的强度和位置均发生变化。

D01-27

Auxetic Behaviour of Re-entrant Cellular Structured and graphene Kirigami at Nanoscale

J. Luo and Q. H. Qin

Research School of Engineering, the Australian National University, Acton, ACT, Australia 2601

Some typical two-dimensional (2D) materials are active elements used in nano-electro-mechanical systems (NEMS) design, owing to their excellent in-plane physical properties on mechanical, electrical and thermal aspects. Considering a component with negative Poisson's ratio used in NEMS, the adoption of kirigamis made of periodic re-entrant honeycomb structures at nanoscale would be a feasible method. The focus of this thesis work is to investigate the specific auxetic behaviour of this kind of structures from typical tailored 2D materials. By employing the numerical simulation method: molecular dynamics simulation, the auxetic behaviour of re-entrant cellular structured kirigami is discussed thoroughly and concretely.

Three main effects of a re-entrant cellular structured kirigami are discussed here. They are size effect, surface effect and matrix effect of 2D materials. The study begins with a demonstration that a kirigami with specific auxetic property obtained by adjusting the sizes of its honeycombs. Making use of molecular dynamics experiments, the size effect on auxetic behaviour of the kirigami is discussed. The results show that, in some cases, the auxetic difference between the microscopic structured kirigami and macroscopic structure kirigami is negligible, which means the results from macro-kirigami could be used to predict the auxetic behaviour of nano-kirigami. Surface effect of kirigami is also illustrated from two aspects. The one is to identify the difference of mechanical responses between pure kirigami and hydrogenated kirigami at some geometry and loading condition. And another is from the difference of mechanical responses between microstructure kirigami and continuum kirigami under the same loading condition and geometric configuration. Graphene is selected as the major 2D material in the study. As kirigami tailored from various 2D materials would exhibit different mechanical behaviour, graphene, single-layer hexagonal boron nitride (h-BN) and single-layer molybdenum disulphide (MoS₂) are selected as representative 2D materials to investigate the influence of this effect, without loss of generality.

D01-28

多相材料组织结构的调控:理论基础与实验验证

彭华新

浙江大学功能复合材料与结构研究所 310027

基于对复合材料组织结构-性能的关系的理解,在纳米、微米及介观尺度上对复合材料的组织予以调控,进而实现结构与功能的优化,开发出新型多功能复合材料及超复合材料。报告采用案列叙述的方式展现波音 787 与空中客车 350 用的碳纤维复合材料及航空发动机用的钛基复合材料以及在超复合材料方面的最新研究成果。

关键词: 组织结构-性能的关系, 理论基础, 实验验证

D01-29

异质原子掺杂调控金属/碳基复合材料微波吸收特性研究

张雪峰

东北大学 110819

微波吸收材料在现代电子设备、信息通讯以及国防安全等领域都有着重要的应用。近年来，碳基以及金属/碳复合材料因具有优异的微波吸收特性受到广泛关注。如何实现材料微波吸收性能的进一步提升和有效调控是目前学术界和工业界广泛关注的热点课题。基于此，我们发展了异质氮原子掺杂的方法进一步提升和调控碳基复合材料的微波吸收特性。研究表明，氮原子引入能够打破碳材料局域电荷平衡，形成电偶极子，进而增强材料的介电损耗特性，实现材料吸波特性的有效提升和调控。在此基础上，我们设计了氮掺杂碳纤维泡绵以及金属/碳纳米胶囊-泡绵复合体等新型微波吸收体。这类吸收体在保持自身优异微波吸收特性的同时，展示出可外力调控的吸收性能。以上研究提供了一种新的提升和调控金属/碳复合微波吸收材料的设计思路，有望推动具有高性能、可调控新型微波吸收体发展。

关键词：复合材料 微波吸收 介电损耗

D01-30

Hot electron effect in the subwavelength-induced ultra-black materials

Ai Du, Wei Sun, Mingfang Liu, Hongqiang Wang, Jun Shen, Bin Zhou

Shanghai Key Laboratory of Special Artificial Microstructure Materials and Technology, School of Physics Science and Engineering, Tongji University, Shanghai, 200092, China

Owing to its diverse chemical compositions and unique properties which could fill the gap between condensed- and gas-state matter aerogels are now regarded as a new state of matter.[1] Much work discussed the influence of density on the physical properties, but rare work talks clearly about the microstructure/properties relationship. Recently, we found that subwavelength microstructure (even smaller than 2 nm) obviously affect the diffuse reflectivity of the carbon aerogels.[2] We attribute this behavior to the indirect interactions including electromagnetic-electron interaction and electron-microstructure interaction. The subwavelength structure of the conductor strongly decreases the mean free path of the electrons inside, leading to an extra absorption besides considering the Joule's heating. That means the electrons adsorb considerable energy of the light and become very hot. Thus we induced nanostructured metal to increase the hot electron loss, in order to further reduce the diffuse reflectivity. In addition, since the electrons in the subwavelength structured carbon materials have high kinetic energy, photo-related effect or reaction like photoelectric effect and photo could be enhanced. These further demonstrate the hot electron effect in the ultra-black materials.

1. A. Du, B. Zhou, Z. Zhang, Jun Shen, *Materials*, 2013, 6(3), 941.

2. W. Sun, A. Du, Y. Feng, J. Shen, S. Huang, J. Tang, B. Zhou, *ACS nano*, 2016, 10 (10), 9123.

Carbon aerogels, low reflectivity, subwavelength structure, photoelectric effect

D01-31

二氧化硅基超复合材料的自组装制备及其电磁性能

张子栋

山东大学 250061

以二氧化硅微球自组装形成的周期性结构为基体，将铁磁金属材料（例如 Fe、Co、Ni）引入到微球之间的空隙中作为功能性结构单元，从而获得一种微观结构具有周期性的超复合材料（Meta-composite）。一方面，由于铁磁金属的磁化率与外界温度、外加磁场等因素存在函数关系，因此能够通过温度场、交变电磁场等外加场对其物理性质进行调控，从而在这种超构复合材料中获得传统超材料所不具备的可调谐的物理性能；另一方面，自组装技术的引入，能够有效降低亚微米-纳米级结构单元的加工成本，拓宽超构复合材料的应用范围。

关键词：超复合材料；自组装；电磁性能

D01-32

Solid-state electrolyte LiNbO₃ additive for improving cycling and rate abilities of high-voltage LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄ cathode material

张志佳^{1,2}, Jia-Zhao Wang², Hui-Jun Li², Shu-Lei Chou², Qin-Fen Gu³

1. 天津工业大学
2. University of Wollongong
3. Australian Synchrotron

目的: 随着新能源汽车的发展, 锂离子电池的安全性越来越受各界的关注。全固态锂离子电池因其良好的安全性能成为了动力电池的理想选择之一。然而电极材料与固态电解液间的界面接触问题一直制约着全固态电池的发展。本文着重在正极材料 LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄ 和固态电解液 LiNbO₃ 界面结合状态上给予了充分的测试与探讨, 以期揭示两相界面状态对电池性能的影响。

方法: 本工作提出一种简便的原位合成 LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄/LiNbO₃ 复合材料方法, 即采用固相烧结法合成正极材料与固态电解液间原子尺度结合的新型功能复合材料。然后通过 XRD、SXRD、Raman、TEM 以及电化学测试探究 LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄-LiNbO₃ 两相界面接触关系与锂离子电池性能间的关系。

结果: 通过测试 LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄/LiNbO₃ 复合材料/液态电解液/锂箔半电池, 实验结果表明该复合材料电极在室温展现了良好的循环稳定性 (1st, 125mAh g⁻¹; 200th, 118 mAh g⁻¹), 即使在 55°C 的高温测试环境下, 以 0.5C 电流密度循环 200 周后仍能保持 85% 的容量 (1st, 131mAh g⁻¹; 200th, 102 mAh g⁻¹)。LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄/LiNbO₃ 电极在室温下充放电过程中锂离子的扩散速率达到 3.6×10^{-10} cm² s⁻¹。

结论: 经过进一步的原位同步辐射 X 射线衍射技术的测试分析可以得出与电极材料原子尺度接触的固态电解液 LiNbO₃ 在锂离子电池中有着双重作用, 即缩短锂离子的扩散路径和降低电解液与电极材料间的消耗性反应发生, 为解决全固态锂离子电池在界面接触上的问题提供一种新的选择。

关键词: LiNbO₃; LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄; 固态电解液; 正极材料; 锂离子电池

D01-33

Co NPs/MOFs 纳米复合材料的合成、调控及其微波吸收性能

项龙, 王海成, 于广华, 孙冬柏

北京科技大学 国家材料服役安全科学中心 100083

电磁波吸收材料在国防军事和民用方面均有着重要应用。一般来讲, 电磁波的损耗主要来自于吸波剂对电磁波的导电损耗、介电损耗和磁损耗等。传统的吸波材料, 如铁氧体等虽然具有一定的吸波性能, 但却存在着密度大、吸收频带窄等问题。因此, 轻质、高效的吸波材料已成为近年来研究者的研究重点。

本文首先采用液相还原法制备了金属 Co 磁性纳米颗粒, 进而制备出了 Co NPs/金属有机框架化合物 (MOFs) 纳米复合材料。

电磁性能测试表明, Co/MOFs 展现出了良好的电磁波吸收性能, 最小反射损耗值 (RL) 在厚度为 5.5 mm, 4.91 GHz 处可达到 -39.14 dB, 有效带宽为 2.04 GHz (4.06 GHz ~6.10 GHz); 在厚度为 3 mm 时, 11.03 GHz 处反射损耗值为 -30.31 dB, 有效带宽为 4.93 GHz (8.31 GHz ~13.24 GHz)。对其损耗机制分析, 我们认为, Co/ZIF-67 纳米复合材料同时具有对电磁波的介电损耗和磁损耗双重损耗机制。其中, 介电损耗主要机制为偶极子取向极化和界面极化; 在 1~4 GHz 材料的自然铁磁共振损耗是磁损耗的主要部分; 在频率 4~18 GHz, 磁损耗包括涡流损耗及交换共振损耗, 其中涡流损耗占主导地位。

Metal NPs/MOFs 纳米复合材料有望成为轻质、高效的新型电磁波吸收材料。

关键词: 金属纳米颗粒; MOFs; 纳米复合; 电磁波吸收

D01-34

无压烧结 ZrB₂/B₄C 原位复合材料的制备与性能研究

林骁^{1,2}, 艾树鹤³, 龚红宇^{1,2}, 冯玉润^{1,2}, 高德志^{1,2}, 郭学^{1,2}, 刘玉^{1,2}, 谢冰莹^{1,2}, 张玉军^{1,2}

1. 山东大学材料液固结构演变与加工教育部重点实验室, 济南 250061

2. 山东大学特种功能聚集体材料教育部重点实验室, 济南 250061
3. 华南协同创新研究院, 东莞 523000

本文研究了 ZrO₂ 的用量对于无压烧制的碳化硼陶瓷力学性能和微观结构的影响。

本文采用亚微米级的碳化硼细粉为原料, 以亚微米级的 ZrO₂ 作为烧结助剂, 以酚醛树脂为粘结剂, 通过无压烧制工艺制备碳化硼陶瓷。

当添加 15 wt% ZrO₂, 烧制温度为 2100℃, 保温时间为 60min 时, 试样的相对密度最高, 可达到 96.7%, 此时试样的弯曲强度为 365.4 MPa, 维氏硬度为 34.2 GPa。

结果表明, 添加 ZrO₂ 能显著提高试样的相对密度和力学性能。ZrO₂ 在高温下与 B₄C 发生原位合成反应生成 ZrB₂, 弥散分布在 B₄C 颗粒之间, 起到了抑制晶粒生长, 延长裂纹扩展路径的作用, 提高了烧制活性, 有效促进了烧制。

关键词: ZrO₂; 碳化硼; 无压烧制; 力学性能

D01-35

具有高聚热热偏转性能易制作的热超结构

海丰勋, 邓元

北京航空航天大学 100191

热流的有效可控调节是目前热能利用过程中的瓶颈, 在热电转换器件、光电探测、芯片等电子系统的性能及寿命方面起关键作用。超材料的兴起为热能的调控提供了很好的思路。本文中我们首先利用 ANSYS 软件模拟设计了一种能调控热流的热超结构, 并制作验证其效果, 通过两种材料铜与环氧树脂的复合来实现热流的富集, 在铜片角度为 60°时, 集热效率可达到 91.1%, 效果与理论模拟相一致; 而改变铜片的相对位置可实现热流方向 45°的偏转。进一步为热感测, 热成像, 热能储存, 热包装, 热疗等领域的应用提供方向。

关键词: 聚热; 热超材料; 热偏转; 热流

D01-36

Ag-ZnO 贵金属电接触复合材料的制备与性能

毛勇, 樊江红, 秦国义

云南大学材料科学与工程学院 650091

Ag-ZnO 是一种氧化物颗粒增强的贵金属电接触复合材料, 具有优良的抗熔焊性、好的耐电弧腐蚀性、低而稳定的接触电阻, 易焊接等特点, 广泛应用于航空航天、国防和民用工业的各种交直流接触器、断路器、继电器制造中。增强相 ZnO 颗粒的形貌和尺寸及分散性等特性对 Ag-ZnO 电接触材料力学和电接触性能有重要影响。(1) 采用“化学沉淀-PH 值精确调控”法, 探索建立单分散球形 Ag 包覆 ZnO 复合粉体的制备工艺技术, 获得了颗粒尺寸为 0.3-0.5μm, 包覆效果良好的 Ag-8%ZnO 复合粉末;(2) 采用包覆复合粉体制备的 Ag-8%ZnO 电接触材料具有良好的成形加工性能, 其电导率和抗拉强度和硬度等性能得到明显提高;(3) Ag 包覆 ZnO 颗粒增强相, 可进一步提高 Ag-ZnO 电接触材料的抗电弧侵蚀性能。

关键词: Ag-ZnO; 电接触材料; 复合粉体; 电接触性能

D01-37

聚苯胺/碳化硅超纳米复合材料的制备及其负介电性质研究

谷红波

同济大学 200092

本文采用表面引发聚合方法制备了聚苯胺/碳化硅导电纳米复合材料。并采用傅里叶红外光谱 (FTIR)、扫描隧道显微镜 (SEM)、X 射线衍射 (XRD) 等对其结构进行了表征, 通过热失重分析仪 (TGA) 对其

耐热性能进行了分析。本文还对该纳米复合材料的电导率随温度和磁场的变化进行了研究，该纳米复合材料表现出半导体特性，电导率随温度升高而降低；其电导率表现出很高的磁场灵敏度，在磁场作用下明显降低，表现出正的巨磁阻现象。同时，本文制备的聚苯胺/碳化硅导电纳米复合材料在低频率范围表现出负介电性质，并在一定频率下发生了负介电常数向正介电常数的变化。本文通过研究，采用 Debye 弛豫修饰的 Drude 模型对这一介电常数变化进行拟合，成功计算出了聚苯胺/碳化硅导电纳米复合材料的等离子体频率 (plasma frequency)。等离子体频率是材料从超材料转变为常规材料的临界频率。它的计算有助于对材料的性质有更深入的理解，也有助于超材料结构的设计。

关键词：聚苯胺，碳化硅，纳米复合材料，负介电

D01-38

超细晶纳米 BaTiO₃ 颗粒调控的高储能密度有机-无机复合电介质

郝亚楠

北京邮电大学 100876

有机-无机纳米复合电介质由于结合了陶瓷填充相的高介电常数(ϵ_r) 和有机基体良好的介电强度和柔韧性，因此被认为是替代传统双向拉伸聚丙烯薄膜 (BOPP) 并提高电介质电容器储能密度的理想材料。复合电介质的储能密度很大程度上依赖于材料的击穿强度，但填充相的团聚及其与基体较差的相容性通常使得复合电介质在较低的场强下即被击穿，因此对于填充相的设计和改性成为了近年来的研究热点。本文首次采用“一步溶胶法”制备的小至 6.9 nm 的 BaTiO₃ 颗粒作为填充相对 PVDF-hfp 进行改性，制备了不同颗粒含量的 BaTiO₃/PVDF-hfp 复合薄膜。由于这些超细晶 BaTiO₃ 纳米颗粒具有良好的分散性、优异的表面特性和铁电性，因此获得的复合电介质薄膜在较高颗粒含量时 (≤ 40 vol.%) 依然能够保持致密、均匀的微观形貌，良好的界面结合以及介电性能。与传统商业 BaTiO₃ 颗粒改性获得的复合电介质相比，超细晶纳米 BaTiO₃ 颗粒改性的复合电介质薄膜在填充相体积分数 $\leq 40\%$ 时，击穿场强显著提高 ($E_b \geq 330$ kV/mm)，最大储能密度 $U_{max} = 9.7$ J/cm³。该研究证实了极限尺寸的超细晶 BaTiO₃ 颗粒能够有效提升有机-无机复合电介质的综合性能，为电介质电容器储能密度的进一步提升提供了一种新的填充材料。

关键词：BaTiO₃

D01-39

多孔中空碳球吸波剂的结构设计及其电磁性能

许海龙，殷小玮，张立同，成来飞

西北工业大学超高温结构复合材料重点实验室

多孔碳球已经广泛的应用在催化、吸附、超级电容器、生物载体上，由于具有较大的比表面积及可调的晶化程度，进行合理结构设计的多孔碳球在电磁波吸收领域应当具有较大的潜力。本论文通过 stöber 原位模板法制备了三种不同类型的多孔碳球。并使用 SEM、TEM、Raman、N₂ 吸附等对其结构及形貌进行了表征。电磁测试结果表明所制备的多孔中空碳球的最强吸收达到 -84dB，有效吸收带宽为 8GHz。对其吸波机理研究表明：合理设计的多孔球壳与内部中空结构有利于实现阻抗匹配，进而展现出优良的吸波性能。

D01-40

碳热还原法原位合成 ZrB₂-SiC 复合粉体

谢冰莹 1,2, 余锦程 1,2, 马丽 1,2, 张玉军 1,2, 龚红宇 1,2, 林骁 1,2, 刘玉 1,2

1. 山东大学材料液固结构演变与加工教育部重点实验室，济南 250061
2. 山东大学特种功能聚集体材料教育部重点实验室，济南 250061

为了合成组分均匀、晶粒结合紧密的 ZrB₂-SiC 复合粉体，用作制备 C/C 复合材料的超高温抗氧化涂层。

本文采用碳热还原工艺，以二氧化锆、炭黑、偏硼酸和碳化硅为原料，原位合成了纯 ZrB₂-SiC 复合粉体。利用 XRD、SEM、EDS 研究了偏硼酸含量 (37.79-43.16wt%)，不同碳源 (活性炭、石墨和石油焦) 和硼源 (硼酸和氧化硼) 对复合粉体相组成及微观结构的影响。

结果表明：当偏硼酸含量为 43.16wt% 时，可以制备得到形貌规则，颗粒尺寸分布均匀且结晶度好的纯 ZrB₂-SiC 复合粉体。此时，二硼化锆为规则的柱状结构，颗粒尺寸约 1 微米。

随着偏硼酸含量减小，附加反应发生，使 ZrB₂-SiC 复合粉体中产生杂质。碳源和硼源的种类也对复合粉体的相组成，颗粒尺寸及形貌产生了一定影响。

关键词：ZrB₂-SiC；碳热还原；复合粉体；原位合成

D01-41

3D 打印制备太赫兹光子晶体及其带隙调控

王荣 1,2, 杨炜沂 1, 朱朋飞 1,3, 李勃 4, 李琦 1

1. 中国科学院金属研究所
2. 中国科学院大学
3. 中国科学技术大学
4. 清华大学深圳研究生院

太赫兹技术在天文学、生物医学、无线通信、安全检测等领域有着巨大的应用潜力。太赫兹光子晶体作为操控太赫兹波的重要器件却由于制备工艺的原因进展缓慢。3D 打印技术的快速发展为太赫兹波段的光子晶体制备提供了一种新的途径。

采用溶胶凝胶法制备二氧化钛前驱体浆料，通过控制溶胶凝胶的加热温度和时间来调控浆料的流变学性质，使其满足以挤出方式成型的 3D 打印技术对于流变学性质的要求。流变学性质测试结果表明，当剪切应力增加到一定程度时浆料的弹性模量和黏性模量会迅速减小，浆料的表现黏度也随着剪切速率增加至一定程度时迅速减小，呈现剪切变稀的性质。以该前驱体浆料为原料，采用无模直写成型技术 3D 打印制备了直径分别为 30 μm ，50 μm 和 100 μm ，间距分别为 200 μm ，250 μm 和 350 μm ，层数均为 4 层的三种木堆结构的太赫兹光子晶体。采用太赫兹时域光谱仪测试其太赫兹波透射谱。

结果显示，三种不同结构参数光子晶体的带隙位置分别为 1.53 THz，1.0 THz，0.60 THz。对直径为 100 μm ，间距为 350 μm 的光子晶体进行树脂填充，其带隙位置由 0.60 THz 变为 0.52 THz。

通过调整木堆结构的介质棒直径和间距以及填充不同介电常数的背景介质，实现了光子晶体带隙的调控。

关键词：3D 打印；太赫兹；光子晶体

D01-42

稀土掺杂的 SiCN 前驱体陶瓷的制备与吸波性能研究

刘玉 1,2, 冯玉润 1,2, 龚红宇 1,2, 郭学 1,2, Adil Saleem 1,2, 林骁 1,2, 谢冰莹 1,2, 张玉军 1,2

1. 山东大学材料液固结构演变与加工教育部重点实验室
2. 山东大学特种功能聚集体材料教育部重点实验室

随着现代技术的高速发展，抵抗电磁污染已变得非常重要，因此吸波材料已成为近年来的研究热点。而同时，吸波材料也被应用在军事、工业等方面，得到广泛关注。

本文以 Fe 改性的 SiCN 前驱体陶瓷为基体，制备了稀土 (Dy, Gd, Sm, Eu, Y) 掺杂的 SiCN 前驱体陶瓷，并对其电磁性能及微波吸收特性进行了研究。

通过 X 射线衍射 (XRD)、扫描电镜 (SEM) 分别对样品的晶体结构和微观形貌进行了表征分析。结果表明，稀土掺杂的 SiCN 前驱体陶瓷中含 α -Fe 及掺入的对应稀土单质。实验测量了样品在 2-18 GHz 的复介电常数和复磁导率，经计算得到反射系数 R 和电磁衰减系数 a，与未掺稀土的样品对比发现掺入 Eu₂O₃ 的样品性能增强最明显。

实验说明稀土掺杂的 SiCN 前驱体样品吸波性能均有不同程度的改善，其中掺入 Eu₂O₃ 的 SiCN 前驱体陶瓷的吸波性能最优。

关键词：SiCN 前驱体陶瓷；稀土元素；电磁性能；吸波性能

D01-43

晶态/非晶 TiO₂ 核壳纳米棒阵列的可控制备与电致变色性能

陈永博¹，毕志杰¹，何晓利¹，徐小科^{1,2}，李效民¹

1. 中国科学院上海硅酸盐研究所
2. 上海应用技术大学

目的：随着室内照明和控温能耗持续增长，给环境保护和节能减排带来严峻挑战。电致变色智能窗能够调控射入室内的光线和热量，从而降低照明和控温能耗；并且具有能耗低、开路记忆、颜色可调性强等特点，具有广阔的应用前景。TiO₂ 纳米棒阵列具有高孔隙率和大比表面积，有利于电解质渗透和和法拉第反应过程，因而受到广泛研究；然而其较低的光学调制范围和不理想的循环稳定性限制了实际应用。因此，提高 TiO₂ 纳米棒阵列的电致变色性能具有重要意义。

方法：首先采用水热法在 FTO 玻璃衬底上生长直立的 TiO₂ 纳米棒阵列，然后通过层-层沉积法 (LBL) 在纳米棒表面包覆 TiO₂ 溶胶，水解生成非晶 TiO₂，得到晶态/非晶 TiO₂ 核壳纳米棒阵列。通过调控 LBL 循环次数，可获得不同非晶层厚度的晶态/非晶 TiO₂ 核壳纳米棒阵列。

结果：晶态/非晶 TiO₂ 核壳纳米棒阵列继承了 TiO₂ 纳米棒阵列疏松多孔的特点，并且其非晶层厚度高度可控。通过优化非晶 TiO₂ 厚度，获得了光响应速度 25/4 s、光学调制范围 43%、着色效率 16.2 cm²/C、循环稳定的高性能电致变色电极，其电致变色性能显著优于 TiO₂ 纳米棒阵列。

结论：非晶 TiO₂ 具有低激活能和高离子扩散速率，能够降低法拉第反应和光响应阈值电压，显著提高电化学反应速率和光响应速度。并且，由于非晶 TiO₂ 具有丰富的离子储存空间，晶态/非晶 TiO₂ 核壳纳米棒阵列具备较高的的电荷容量、光学调制范围和着色效率。此外，非晶 TiO₂ 在法拉第反应过程中具有较小的体积变化，可显著改善 TiO₂ 纳米棒阵列的循环稳定性。

关键词：TiO₂ 纳米棒；晶态/非晶；核壳结构；电致变色

D01-44

Bio-Inspired Sensitive And Reversible Mechanochromisms Via Surface Engineering

Sun Luyi, Songshan Zeng, Dianyun Zhang

University of Connecticut

In nature, some marine life, such as *Vogtia* and Cephalopods, have evolved to has camouflage features by dynamically and reversibly altering their transparency, fluorescence, and coloration via muscle controlled surface morphologies. To mimic this display tactics, we achieved similar deformation controlled surface engineering via strain-dependent cracks and folds to realize four types of intriguing mechanochromic devices: (1) transparency change mechanochromism (TCM), (2) luminescent mechanochromism (LM), (3) color alteration mechanochromism (CAM), and (4) encryption mechanochromism (EM), based on a simple bilayer system containing a rigid thin film and a soft substrate. These devices demonstrate a wide scope of mechanochromic response with excellent sensitivity and reversibility. The TCM device can reversibly and instantly switch between transparent and opaque state upon stretching and releasing. The LM can emit intensive fluorescence as stretched with an ultrahigh strain sensitivity in comparison to strain sensors based on electrical resistance change. The CAM can turn fluorescent color from green to yellow to orange as stretched within 20% strain. The EM device can reversibly reveal and conceal any desirable patterns. These novel devices are promising for applications in smart windows, dynamic optical switches, strain sensors, encryption, etc.

Keywords: mechanochromisms, bio-mimetic, crack

D01-45

超材料结构增强石墨烯光学调控研究

樊元成, 付全红, 张富利

西北工业大学理学院 710129

石墨烯作为新型二维层状材料的典型代表由于其优秀的力学、热学、电学性能,而在纳米电子学中得到很多研究。近年来的研究表明石墨烯应用于光电子器件也很有优势: i)使得单或少原子层尺度光学调控成为可能; ii)其低载流子浓度意味着物性具有很宽的可调范围,可以通过静电场、磁场、光场和化学掺杂等多种手段对其光学常数进行高效动态调控。与传统光学材料相比,石墨烯展现出一些特别的光学性质: i)单原子层厚石墨烯光学可见; ii)光学吸收具有量子特性; iii)狄拉克电子的线性色散关系使得石墨烯具有宽带光学响应的特点。这些性质共同使得石墨烯成为一种理想的光学材料并在近期的工作中得到广泛关注。但是我们注意到单层石墨烯不仅在可见光波段具有很低(约 2.3%)的量子吸收,其在太赫兹和红外波段的吸收和消光也很弱(在绝对零度下取费米能 0.5 eV,计算得到 2.5 THz 以上吸收均低于 10%)。基于石墨烯的探测器较传统半导体探测器效率较低,石墨烯的弱吸收即为其中一个因素。众所周知材料的强光学响应是人们通过材料实现对光波调控的基础,对于光电子器件应用非常重要,因此如何增强石墨烯材料的光学响应就成为实现石墨烯器件实用化的亟待解决的问题。

基于局域谐振的等离激元超材料(plasmonic metamaterials)等人工微结构材料在放大光与物质相互作用方面展现出了丰富的手段和效果。本报告将介绍近期我们利用超材料结构增强石墨烯光学响应方面的工作。关键词: 超材料, 石墨烯, 表面电导, 可调

D01-46

射频常规超材料的十点思考

范润华^{1,2}, 刘峤², 张子栋², 史志成², 党锋², 钱磊²

1. 上海海事大学
2. 山东大学

D01-47

柔性氧化钨/氧化锌纳米复合结构制备及其电化学性能研究

毕志杰, 陈永博, 何晓利, 李效民

中国科学院上海硅酸盐研究所 200050

电致变色材料可在外加电压条件下通过离子和电子的注入与抽取可逆改变其颜色,其在智能窗、防眩镜和大规模显示器等领域有广泛的应用。赝电容材料利用发生在材料表面及近表面的氧化还原反应进行电荷存储。电致变色和赝电容材料均基于可逆氧化还原反应进行工作,因此可制备基于电化学活性材料的双功能器件。三氧化钨(WO₃)兼具电致变色和电容性能,作为典型的阴极电致变色材料,可在外加离子和电子注入或抽取时发生退色态(透明)与着色态(蓝色)的可逆转变。不同于传统致密的 WO₃ 薄膜,一维纳米结构开放的微孔道可有效提高 WO₃ 使用率,明显缩短离子扩散距离,提升电致变色和电容性能。

本研究探究了一种新型 WO₃/ZnO 纳米复合结构的制备及其电化学性能。其中采用低温水热法在柔性 PET/AZO 衬底上生长 ZnO 纳米线,采用脉冲激光沉积技术在 ZnO 纳米线表面沉积 WO₃。

实验结果表明:相比致密 WO₃ 薄膜,WO₃/ZnO 纳米复合结构表现出更大的光调制范围(68.2%),更高的着色效率(80.6 cm² C⁻¹)和更高的面积电容值(15.24 mF cm⁻²)。本研究进一步提出基于 WO₃/ZnO 纳米复合结构的电致变色-电容器件,该器件可通过快速、可逆的颜色变化可视化显示能量存储水平。

该 WO₃/ZnO 纳米复合结构在电致变色和电容领域有巨大的应用潜力。

关键词: 电致变色, 能量存储, 氧化钨, 氧化锌纳米线

D01-48

一种通用型高灵敏度氧空位掺杂氧化物半导体表面增强拉曼散射基底制备方法

郑旭东, 任峰, 蒋昌忠

武汉大学物理科学与技术学院, 武汉大学离子束功能材料研究中心 430072

该研究的目的是为了探索找到一种通用、大面积、高效、低成本的表面增强拉曼散射(SERS)氧化物半导体基底的制备方法。

通过对 WO₃ 薄膜进行 Ar 离子辐照(能量是 190 keV, 剂量是 1×10¹⁷ ions/cm²)调控氧空位浓度, 再进行真空退火(温度 500 °C, 时间 1 h), 最终制备了富含一定氧空位的 WO_{3-x} 薄膜。为了证明离子束方法改善氧化物半导体 SERS 性能具有普遍性, 对 TiO₂ 单晶和 ZnO 薄膜也进行了一定条件的 Ar 离子辐照和真空退火处理。此外, 对 TiO₂ 单晶还进行了一定条件的 N 离子辐照和真空退火。

将罗丹明 6g(R6G)分子添加到所制备的基底上并进行拉曼光谱测试发现, 它对 R6G 分子的检测浓度极限为~10⁻⁷ mol/L, 比辐照前的低 6 个数量级, 它的灵敏度达到了目前所报道的所有的半导体 SERS 基底中的最高灵敏度, 而且可以媲美于无“热点”的贵金属。研究发现该基底的性能主要取决于两个因素:(1) 辐照引入的位于禁带内的氧空位相关能级, 这有利于增加半导体与分子间电荷传输路径;(2) 退火诱导的辐照损伤的修复, 这有利于进一步提高载流子的迁移率。正是这两个因素的结合保证了半导体基底与分子间更加高效的电荷传输, 提高了分子的极化率, 从而增强分子拉曼散射强度。对于 Ar 离子辐照和真空退火制备的 TiO_{2-x} 和 ZnO_{1-x}, 拉曼光谱测试显示它们也达到了与 WO_{3-x} 一样优异的性能, 这主要来自于形成的 TiO_{2-x} 和 ZnO_{1-x} 中的氧空位的贡献。此外, 对于 N 离子辐照和真空退火处理的 TiO₂ 单晶, 拉曼光谱测试显示它对 R6G 分子的检测浓度极限为~10⁻⁸ mol/L, 说明它的检测灵敏度更加优异。对于它的拉曼散射增强效应除了有氧空位的重要贡献, 还有纳米杆与 N 掺杂能级的部分贡献。

以上结果证明离子束技术结合真空退火方法可以显著改善氧化物半导体的 SERS 性能, 而且具有通用型。

关键词: 氧化物半导体; 离子辐照; 氧空位; 表面增强拉曼散射

D01-49

金属钴修饰碳纳米管复合材料的制备及其电磁波吸收性能研究

吴楠楠, 刘久荣

材料液固演变与加工教育部重点实验室, 山东大学材料科学与工程学院 250061

近年来, 研究者们致力于研究吸收强、频带宽、厚度薄、质量轻电磁波吸收材料的合成。碳纳米管作为一种新型碳材料, 拥有较大的比表面积、低密度和优异电学性能, 被视为一种优良的吸波材料。然而单一碳纳米管是一种介电材料, 没有磁性, 吸收强度低(反射损耗在-10 dB 以下), 限制了其在吸波材料领域的进一步应用。

为了改善其磁性能, 达到良好的阻抗匹配效果, 本研究采用了一种简单易行的溶剂热法和碳还原过程分别合成了金属钴纳米颗粒(20-30 nm)和钴纳米球(200-500 nm)修饰的碳纳米管复合材料。

磁学性能测试表明, 相比于纯碳纳米管, 两种复合材料的饱和磁化率大大提高, 分别达到了 27.1 emu/g 和 82.6 emu/g。作为吸波材料, 含有质量分数为 20 wt%的钴颗粒/碳纳米管和钴纳米球/碳纳米管环氧树脂基复合材料分别在 2.5-20 GHz 和 1.6-20 GHz 表现出高效的吸收特性(反射损耗在-10 dB 以下), 且吸收厚度小, 分别为 1.0-6.0 mm 和 1.0-7.5 mm。与纯碳纳米管相比, 在 1-20 GHz 范围内, 纯碳纳米管最大吸收强度仅为-9.5 dB, 而钴颗粒/碳纳米管和钴纳米球/碳纳米管复合材料的最大吸收强度分别达到了-36.5 dB 和-31.5 dB。

相比于纯碳纳米管, 此复合材料将金属钴的磁损耗和碳纳米管的介电损耗有效结合起来, 改善了阻抗匹配水平, 因而表现出显著提高的电磁波吸收强度。

关键词: 复合材料 电磁波吸收 磁损耗 碳纳米管 钴颗粒

D01-50

超透明光子晶体材料

赖耘

苏州大学

D01-51

基于原子能带理论的高性能超材料设计

白洋

北京科技大学

D01-52

大面积三维杂化等离激元铝纳米结构的构建及性能研究

杨静

天津大学

D01-53

轻质可调还原氧化石墨烯复合材料吸波性能的研究

侯泽鑫, 殷小玮, 成来飞, 张立同

西北工业大学超高温结构复合材料实验室

通过快速冷冻和冷冻干燥工艺制备出连续三维立体网络结构的氧化石墨烯 (Graphene Oxide, GO) 气凝胶, 并通过不同的高温热处理工艺得到还原氧化石墨烯 (Reduced Graphene Oxide, RGO) 气凝胶, 调整氧化石墨烯还原程度, 研究其电磁波吸收性能。揭示了 RGO 界面极化和电导损耗对电磁吸波性能影响的机理。优化得到的有效吸收带宽在 X 波段 (8.2-12.4GHz) 达到 3.5 GHz, 最强反射系数达到 -70 dB (相当于 99.99999% 的电磁波能量被吸收)。材料厚度从 3.6 mm 到 3.8 mm 有效吸收带宽均覆盖整个 X 波段全频段。该 RGO 复合材料是综合了低密度轻质和强电磁波吸收的性能特点。

D01-54

含硼石蜡与改性含硼聚乙烯填充开孔泡沫镍中子屏蔽复合材料的制备与表征

张云¹, 陈飞达¹, 黄海¹, 陈托¹, 汤晓斌^{1,2}

1. 南京航空航天大学核科学与工程系
2. 江苏省核能装备材料工程实验室

为实现新一代中子源设备向小型化、可移动化发展, 开展了大量中子源构型、体系重量与体积的优化设计研究, 这些研究对中子屏蔽材料提出了高比强度、高热导率、能同时屏蔽中子和次生 γ 辐射等性能要求。目前, 研发适应于未来中子源的新型多功能性中子屏蔽材料已成为亟待解决的重要课题。本文从中子与材料相互作用机理出发, 结合材料的复合效应, 提出将轻质高强的开孔泡沫镍与传统中子屏蔽材料进行复合, 从而显著提升其综合屏蔽性能, 提高比强度以及导热系数和能量吸收率。

本研究采用电镀法、共混改性和渗透法制备了高填充率的共混改性含硼 (30wt.%) 聚乙烯泡沫镍中子屏蔽复合材料和含硼 (30wt.%) 石蜡泡沫镍中子屏蔽复合材料, 利用静态压缩实验对其机械性能进行了测试, 基于热流法测定了其导热性能。同时, 材料对于中子屏蔽过程中产生的次生 γ 的屏蔽性能用 Pu-238 和 Cs-137 两种 γ 源进行测定, 材料的中子屏蔽性能用蒙特卡罗方法进行模拟。

研究发现: 1) 含硼石蜡泡沫镍复合材料的机械性能相对于泡沫镍提升了约 40%, 改性含硼聚乙烯泡沫镍复合材料的压缩强度与改性聚乙烯相差较小, 但是能量吸收率提高了 20% 以上。2) 热流法测试表明泡沫镍将含硼聚乙烯的导热系数提高了 2 倍。3) 相对于传统的中子屏蔽材料, 复合材料的 γ 屏蔽率明显提高。4) 在 MCNP 软件中建立了泡沫镍复合材料的模型, 通过模拟计算了泡沫镍复合材料对铀钚中子源

的屏蔽性能。材料的中子屏蔽率随着厚度以及含硼量的增加而增加。

本研究工作表明，共混改性含硼聚乙烯泡沫镍复合材料和含硼石蜡泡沫镍复合材料作为中子屏蔽材料同时也具有较好的机械性能与导热性能，可以同时为屏蔽体提供综合辐射屏蔽性能，结构强度与散发辐射热的功能。

关键词：开孔泡沫镍；中子屏蔽；伽马射线屏蔽；复合材料；静态压缩

D01-55

高性能纳米复合永磁体的类核/壳纳米结构的形成及研究

李海玲

安徽工业大学材料科学与工程学院，安徽马鞍山，中国 243032

核/壳纳米结构对许多先进的应用非常有吸引力，包括强磁体、磁记录和生物技术等。它们通常是通过化学方法实现，但这些技术将其限制在纳米颗粒上。在此，我们通过物理途径实现了三维(3D)自组装类核/壳纳米结构的制备，其中硬磁性 Nd₂Fe₁₄B 颗粒为核（晶粒尺寸约 45nm），软磁性 α -Fe 颗粒为壳（晶粒尺寸约 13nm）。该核/壳纳米结构具有高的剩余磁化强度和高的矫顽力，获得了优异的磁性能，最大磁能积 (BH)_{max} = 25 MGOe，达到了目前各向同性 Nd₂Fe₁₄B/ α -Fe 纳米晶复合磁体的最高值。我们的方法是基于合金熔体中核、壳纳米颗粒的顺序生长。这些结果对在 3D 材料中形成类核/壳纳米结构作出了重要贡献。

关键词：核/壳纳米结构、自组装、纳米复合永磁体

D01-56

羟基磷灰石/明胶-壳聚糖复合支架的制备与表征

卢志华，马育栋，翁浩

1. 济宁学院
2. 山东鲁阳节能材料股份有限公司

目的 本文从仿生角度出发，采用原位自组装的方法，以明胶作为调控壳聚糖成核、生长的有机模板，调控羟基磷灰石生长，合成一种可用于硬组织修复的羟基磷灰石/明胶-壳聚糖复合支架材料。

方法 对所得支架材料进行 XRD、FTIR 分析以确定其相组成和各相之间的结合；通过 SEM 观察支架中各相的分布情况、孔的连通状态以及孔径分布；通过模拟体液浸泡实验观察支架的降解情况；通过细胞形态分析及细胞毒性实验初步鉴定支架的生物相容性。

结果 XRD 分析表明复合支架由羟基磷灰石、明胶、壳聚糖三相组成，其中羟基磷灰石颗粒的尺寸随明胶和壳聚糖含量的不同发生变化。FTIR 分析表明羟基磷灰石和明胶及壳聚糖分子间通过羧基和氨基形成化学键合。SEM 分析表明复合支架中各相均匀分布，所得羟基磷灰石颗粒呈短棒状；支架中存在大量相互连通的孔洞，孔径尺寸在 100 至 350 微米。模拟体液浸泡结果显示所得支架具有良好的离子交换性能和降解性能。细胞形态分析及 MTT 实验表明所得支架材料具有良好的细胞黏附和增殖性能。

结论 通过原位自组装法所得羟基磷灰石/明胶-壳聚糖复合材料具有良好的生物相容性和较好的力学性能，是一种潜在的骨组织工程支架材料，本研究为新型骨修复材料的进一步研究和临床应用提供了理论基础和实验依据，为骨缺损修复提供了新的思路。

关键词：羟基磷灰石，壳聚糖，明胶，组织工程，支架

D01-57

Study on corrosion resistance of Fe-based stainless steel composite layer prepared by TWIAW

Dongting Wu¹, Yong Zou^{1*}, Cong Hu¹, Chuanwei Shi²

1. Key Lab of Liquid Structure and Heredity of Materials, Ministry of Education, Shandong University, Jinan 250061, Shandong, China
2. Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, Shandong, China

In this study, Fe-based stainless steel composite layer was prepared by Twin-Wire Indirect Arc Welding (TWIAW). Weld penetration increased with the increasing of the welding current and the amount of CO₂ in Ar+CO₂ protective gas. However, the CO₂ content exceeded 20% led to serious welding spatters. The chemical composition of the surfacing layer is similar with the welding wire, which is mainly composed by Fe-Cr- Ni elements. The dilution rate at the interface between the carbon steel and the stainless steel was very low. The phase of the surfacing layer was austenite with a small amount of ferrite, which depends on the welding parameters and the highest content of ferrite was no more than 10%. With the increasing of welding current, the pitting potential of the composite layer decreases, resulting in the decreasing of the pitting corrosion resistance. As a whole, only slight intergranular corrosion took place in the surfacing layer because of no sensitization or slight sensitization occurring, which was attributed to the low heat input in the TWIAW.

Keywords: Twin-wire Indirect Arc Welding; Fe-based stainless steel composite layer; pitting corrosion; intergranular corrosion

墙展

D01-P01

几种具有荧光活性的稀土铈配位化合物的合成与性质研究

刘强

中国工程物理研究院激光聚变研究中心 621000

在温和条件下合成了一系列以 β -二酮和三苯氧磷为配体的铈三元配位化合物,其中几种获得了完美的单晶结构,并通过 X-射线单晶衍射确定了化合物的空间构型,分析结果显示,化合物均为八配位形式,每个中心铈离子与三个 β -二酮配体和两个三苯氧磷配体配位,没有溶剂分子的参与,空间构型主要为三斜晶系 $P1$ 空间群和单斜晶系 $P21/c$ 空间群两种。采用热重分析对该化合物进行了热稳定测试,显示它们在 300°C 以下能够稳定不分解;另外,通过近红外荧光分析,获得化合物的激发光谱、发射光谱和荧光寿命等方面的数据,证明它们都具有较高的荧光活性。

关键词: 铈配合物; 晶体结构; 荧光性质

D01-P02

Fe 掺杂碳氮薄膜的制备及光学性质的研究

毛娟¹, 熊政伟², 曹林洪¹

1. 西南科技大学材料科学与工程学院, 四川 绵阳 621010

2. 西南科技大学-中国工程物理研究院激光聚变研究中心极端条件物质特性联合实验室, 四川 绵阳, 621010

利用等离子体增强化学气相沉积技术在不同实验条件下制备了 Fe 掺杂碳氮 (CN_x) 薄膜。用扫描电子显微镜(SEM)、显微 Raman 光谱仪和 X 射线光电子谱(XPS)仪对它们的形貌和结构进行了分析,通过能谱(EDS)确定了薄膜中元素组成。由 SEM 表明在沉积温度为 150°C 时制得的薄膜均匀性好且致密。XPS 分析表明,薄膜以 N1s、C1s 特征峰为主,对其中的 C1s XPS 谱的峰进行拟合,发现 286.2eV 的峰分别由 sp²C-N 键的 285.5eV 峰 sp³C-N 键的 286.6eV 峰组成,且 sp³C-N 和 sp²C-N 的比值随沉积温度的升高而增加。在 XPS 图谱中还发现了少量石墨(277.1eV)的存在。反射光谱表明,在 200~800 nm 范围内随着沉积温度的升高,反射率降低,薄膜带隙减小。

关键词: 铁掺杂; 碳氮薄膜; 光学性质; 反射率

D01-P03

双层异质 Cu_{2-x}Se/Cu₇S₄ 空心立方体的制备及其在量子点敏化太阳能电池对电极的应用

冉蕾, 尹龙卫

山东大学 250061

开发低成本且高效的太阳能电池是目前满足清洁能源要求以及解决环境污染和能源危机两大问题的有效手段之一。量子点敏化太阳能电池 (QDSSCs) 作为第三代太阳能电池的代表之一, 近年来得到极大的关注。作为电池的重要组成部分, 对电极的催化性能是影响 QDSSCs 能量转换效率 (PCE) 的重要因素。目前量子点敏化太阳能电池对电极材料常使用的 Cu₂S 在电解质中存在腐蚀现象导致器件的不稳定性。因此开发一种合成简单、价格低廉、催化性能好且稳定性优良的对电极材料具有重要的意义。

我们利用基于柯肯达尔效应的模板牺牲法, 以氧化亚铜实心立方为前驱体制备了单层 Cu₇S₄ 空心立方体以及双层异质 Cu_{2-x}Se/Cu₇S₄ 空心立方体, 将其应用于量子点敏化太阳能电池对电极, 探究其电催化活性以及相应器件的光电性能。对材料进行结构表征、光电性能测试及电化学测试。

基于单层 Cu₇S₄ 空心立方体以及双层异质 Cu_{2-x}Se/Cu₇S₄ 空心立方体的电池具有高于 Pt 和 Cu₂S 的光电转换效率 (4.38%, 3.97%), 并且拥有好的电化学稳定性, 其中双层结构光电性能最优。

结论: QDSSC 光电性能得到改善归因于硒化铜具有优于硫化铜的导电性, 双层结构具有更好的光反射性提高光利用率, 双层结构具有更大的比表面积以提供更多的催化活性位点和加快电子传输过程以及异质结构的形成。

关键词: 硫化铜, 硒化铜, 量子点敏化太阳能电池, 异质结构, 柯肯达尔效应

D01-P04

采用生物质废弃物制备低维碳纳米材料及其对 ZnO 纳米片可见光活性的改进

吕士盛¹, 卞琳¹, 邱剑勋¹, 杜伟¹, 张新涛¹, 贺笑春¹, 高明军¹, 李向明¹, 马兴法(*)¹, 李光²

1. 烟台大学

2. 浙江大学

ZnO 及其纳米复合功能材料在光探测、新型能源、催化和环境等领域引起了广泛的关注, 并在很多方面获得了很好的进展, 但拓展其对可见光的响应仍是一大挑战。在众多材料改性方法中, 碳掺杂及碳纳米材料改性是重要有效的途径之一。同时, 在光催化降解有机污染物过程中, 重要的是材料在可见光辐射下光生电荷的产生、分离与传输等。为改善这些关键性能, 并在纳米复合材料设计过程中铺设良好的电荷传输通道, 本研究参照氧化石墨烯的合成方法, 采用生物质废弃物 (如: 玉米秸秆等) 制备了低维碳材料, 利用其表面化学基团对 ZnO 纳米片进行了表面改性。采用 TEM, SEM, XRD, UV-Vis 等对其进行了基本表征, 并选择代表性的有机污染物进行了光降解实验, 取得了好的结果。为探讨光催化材料的一些光化学、光物理等关键问题, 将所制备的纳米复合材料涂覆在叉指结构的金电极 (PET 薄膜基板) 上, 采用低功率的可见光和 808 nm 的激光考察了其光电导响应特性, 显示出了快速的光电导响应特性, 其光开关比可达 1-2 个数量级。说明所制备的纳米复合材料具有可见光和近红外活性, 容易产生光诱导电荷, 在光探测、光催化和环境等领域有应用前景。预期这是一低成本、通用性的材料改性方法。

本研究得到山东省自然科学基金 (ZR2013EMM008), 浙江大学工业控制技术国家重点实验室开放基金 (No. ICT170303) 等资助。*通讯作者: 烟台大学环境/材料学院, E-mail addresses: xingfazju@163.com, xingfamazju@aliyun.com(X. Ma).

关键词: 低维碳纳米材料; 生物质废弃物; 纳米复合材料; 光诱导电荷; 光电开关特性

D01-P05

两亲性聚合物软模板辅助制备相互连接的 NiS 纳米粒子网络及其有机-无机纳米复合材料的性能

王诗珍¹, 卞琳¹, 邱剑勋¹, 杜伟¹, 张新涛¹, 贺笑春¹, 高明军¹, 李向明¹, 马兴法(*)¹, 李光²

1. 烟台大学

2. 浙江大学

围绕新型能源、催化和环境等领域的需求, 开发可见光活性的低维纳米复合功能材料是当前重要的一大块热点研究领域。而自然界中的光合作用过程又不断地可持续的为人类提供大量能源, 如何模拟这一过程, 在材料及跨学科领域仍然存在大量挑战。光合作用过程主要包括如下关键组成部分: (1) 光吸收天线; (2) 光合作用中心; (3) 电荷传输通道; (4) 不同结构的蛋白质链段等。当前模拟光合作用的研究中, 用到了大量对可见光活性的材料, 如: 卟啉, C60, FeS, NiS, 及大量具有 A/D 效应的有机小分子等。本研究采用两亲性聚合物软模板辅助水热合成制备了 NiS 纳米材料, 利用 SEM, TEM, UV-Vis, XRD, FTIR 等对其进行了基本表征, 并将制备的纳米复合材料涂覆在叉指结构的金电极 (PET 薄膜基板) 上, 采用低功率的可见光和 808 nm 的激光考察了其光电导响应特性。结果表明, 所制备的 NiS 为核/壳结构, 且相互连接, 似蜂窝结构。功能集成的纳米复合材料显示出了快速的光电导响应特性, 其光开关比可达 2-3 个数量级。同时选择代表性的有机污染物开展了相应实验研究, 取得了一些有意义的结果。有望开发外场刺激响应的智能化有机-无机纳米复合材料, 不仅用于清除有机污染物, 也有望用于清除生物体内的毒素等。可持续的解决环境问题。

本研究得到山东省自然科学基金 (ZR2013EMM008), 浙江大学工业控制技术国家重点实验室开放基金 (No. ICT170303) 等资助。*通讯作者: 烟台大学环境/材料学院, E-mail addresses: xingfazju@163.com, xingfamazju@aliyun.com(X. Ma).

关键词: 两亲性聚合物; 有机-无机纳米复合; 外场刺激响应; 可见光活性; 有机污染物的去除

D01-P06

基于聚多巴胺的仿生可控界面构筑对含能复合材料的抗蠕变性能影响研究

林聪妹¹, 巩飞艳², 何冠松², 李姜¹, 郭少云¹

1. 高分子材料工程国际重点实验室, 四川大学高分子研究所
2. 中国工程物理研究院化工材料研究所

高聚物粘结炸药 (PBX) 由炸药晶体和 5-10 wt% 高聚物粘结剂组成, 是武器系统的重要功能和结构部件。热力环境下 PBX 的蠕变行为导致材料能量密度、安全性能和结构稳定性降低。由于 PBX 中粘结剂含量少, 且集中分布于炸药晶体表面, 界面作用是影响材料力学性能和非线性粘弹性能的关键因素。

根据仿生海洋贻贝的强化学黏附机理, 通过在晶体表面多巴胺的原位聚合实现聚多巴胺 (PDA) 对奥克托今 (HMX) 炸药晶体的表面包覆。

场发射扫描电镜 (FESEM) 和 X 射线光电子能谱 (XPS) 结果表明, HMX 炸药晶体表面形成了一层均匀致密的 PDA 壳层。通过调节多巴胺自聚合反应参数, 获得厚度可控的 PDA 包覆层。PDA 包覆可以有效增强 HMX 炸药晶体和粘结剂基体的界面相互作用。静态力学测试显示, PDA 改性可以对 PBX 增强增韧, 且压缩和拉伸力学强度和韧性随着 PDA 含量的增加而逐渐增大。动态力学测试结果表明, PDA 改性后 PBX 的储能模量明显提高。相比于未改性 PBX, PDA 改性复合材料在不同温度和应力下的非线性抗蠕变性能显著改善, 蠕变应变和恒定蠕变速率降低。六元件力学模型可以高精度地拟合蠕变应变和蠕变时间的非线性依赖关系。

研究表明, 采用仿生材料 PDA 功能化含能复合材料, 为 PBX 力学增强和形稳性改善提供了一条简便、快捷、有效且环境友好的途径。

关键词: 高聚物粘结炸药, 仿生界面, 聚多巴胺, 力学性能

D01-P07

3D-镍基体表面 MoS₂-Ni₃S₂/GRO 复合材料的原位合成制备及其超级电容中的应用

类延华¹, 孙硕添¹, 高冠慧², 常雪婷¹, 安丽琼¹, 范润华¹, 孙士斌¹

1. 上海海事大学
2. Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik, Berlin, Germany

能源危机已经成为全球性的问题并引起了广泛的关注，探索具有优越性能的新材料来解决能源问题已经成为科学家们最重要的使命之一。超级电容器作为一种新型储能装置有很多优异性能：能量密度高、功率密度大、循环寿命长、充放电时间短、绿色环保等，已成为国内外清洁能源的研究热点。层状二硫化钼（MoS₂）纳米片具有独特的二维层状结构、大的比表面积和好的导电性能，近来在能源领域引起了科学家们的关注。然而单纯的二硫化钼的导电性能相对于碳基材料如石墨烯等还比较低，难以获得较大的电容量。为了克服单一材料的不足，发挥材料的协同作用，我们将二硫化钼纳米片与石墨烯进行复合，制备的复合材料，在电容器领域中具有广阔的应用前景。

本文采用水热法，在泡沫镍基底上原位合成二硫化钼（MoS₂）/还原氧化石墨烯（RGO）复合材料。借助于扫描电子显微镜（SEM）、透射电子显微镜（TEM）、X射线衍射（XRD）、激光拉曼等测试手段对材料进行了相应的表征，并利于循环伏安、恒流充放电以及电化学阻抗等测试方法对复合材料的电化学性能进行了探讨。

XRD的测试结果表明泡沫镍基底上不同程度地出现了石墨烯、Ni₃S₂以及MoS₂的特征峰。扫描电镜的测试结果表明泡沫镍基底上有花状结构的复合材料MoS₂-Ni₃S₂/Go形成，而进一步的透射电镜分析表明，该过程中有成单层及少层（5-8层）花瓣状的二硫化钼形成。拉曼测试证实了过程中，氧化石墨烯会被硫脲还原为还原氧化石墨烯，增大了复合材料的导电性。

本文成功地在泡沫镍基体表面直接原位合成了MoS₂-Ni₃S₂/r-GO复合材料。对比于普通的电极材料，3D结构的泡沫镍不仅作为支撑材料提供三维结构、增大了电极与电解质的接触面积，而且镍参与反应生成二硫化三镍（Ni₃S₂）层，该层不仅提高了复合材料与基体的结合力，而且极大地提升材料电容量。

关键词：超级电容；还原氧化石墨烯；二硫化钼；水热合成

D01-P08

钛酸钡与钇铁石榴石复合陶瓷的负介电性能研究

王忠阳^{1,2}，解培涛^{1,2}，范国华^{1,2}，范润华^{1,2,3}

1. 山东大学材料液固结构演变与加工教育部重点实验室
2. 德州迈特新材料研究中心
3. 上海海事大学海洋材料科学与工程研究院

近年来，负介电材料由于其独特的电磁性能引起广泛重视。一般来讲，负介电常数性能可以通过自由电子的等离子体共振实现，却很少有人注意到负介电常数可以通过介电材料的介电共振来实现。通常介电共振实现的负介电常数虽然频段较窄，但负介电数值较小同时损耗也较小，更有意义。本文通过将钛酸钡与钇铁石榴石复合，在1100℃烧结2h得到复相陶瓷。其负介电常数符合Lorentz模型，并利用Kramers-Kronig关系进行了验证，进一步利用等效电路分析了其内在机理，阐述了负介电常数与电抗转变，交流电导率的关系。钛酸钡与钇铁石榴石复合材料为制备新型双负材料提供了一种新的思路。

关键词：钛酸钡；钇铁石榴石；负介电常数；Kramers-Kronig关系

D01-P09

室温下对二氧化氮敏感性能增强的钕掺杂有序介孔氧化镍

董志博，刘善堂

武汉工程大学 430074

鉴于单一氧化镍室温条件下对二氧化氮有限的气敏性能，本工作旨在通过形貌调控和掺杂提高纯氧化镍室温下对二氧化氮的气敏响应。

本工作通过两步法制备具有有序介孔结构的钕掺杂氧化镍，先合成了有序介孔氧化镍然后将钕离子引入了有序介孔氧化镍的孔道中。钕掺杂有序介孔氧化镍的孔道分布集中于4.1和21.1nm。

此外，该材料的气敏性能随后被系统地检测。结果显示相比于其它掺杂比例的钕掺杂氧化镍和纯氧化镍基于5.0at%钕掺杂的氧化镍具有最高的响应，在室温条件下对15ppm的二氧化氮响应值为3。而且该气

敏元件展现了对二氧化氮良好的选择性，测试的其它干扰气体有一氧化碳、氨气、乙醇、甲醇、甲醛、甲苯、丙酮。

铟掺杂有序介孔氧化镍对二氧化氮气敏性能的增强归因于通过铟掺杂增大的比表面积和铟镍间形成了调控载流子浓度的PN结。这种方法能作为增强单一金属氧化物气敏性能的有效策略。

关键词：气敏；铟掺杂氧化镍；PN结；二氧化氮

D01-P10

液相沉淀法制备氧化铝微波陶瓷及性能研究

韩伟丹, 董桂霞, 吕易楠, 亢静锐, 李雷

河北省唐山市曹妃甸区华北理工大学 063200

目的：为了降低氧化铝烧结温度，于较低的温度下获得性能优良的氧化铝微波介质陶瓷。

方法：采用湿化学法—碳酸铝铵沉淀法制备纳米氧化铝粉体，使得氧化铝粉体具有较高烧结活性，并添加不同含量 MgO-Y₂O₃，利用 TG-DTA、透射电镜 (TEM)、X-射线衍射技术 (XRD) 和扫描电镜 (SEM) 对所制备的 Al₂O₃ 粉体及烧成后的陶瓷进行微观结构和相组成进行分析表征；研究了碳酸铝铵沉淀法制备纳米氧化铝粉体在过滤洗涤和不过滤洗涤两种条件下热解得到粉体粒径，以及添加不同含量 (1MgO-xY₂O₃, x=0.02, 0.04, 0.06, 0.08) wt% 添加剂时，于不同烧结温度 (1500℃~1600℃) 下，氧化铝陶瓷的烧结特性和微波介电性能。

结果：未过滤洗涤的碳酸铝铵前驱体 1150℃ 煅烧 1.5h，得到平均粒径为 40nm 左右活性较高的纳米氧化铝粉体，陶瓷致密度随温度的升高而升高，随着 Y₂O₃ 含量增大先增大后减小，介电常数在 10~11.6，介电损耗随着 Y₂O₃ 含量增大先减小后增大，当烧结温度为 1550℃，Y₂O₃ 添加量为 0.06% 时，陶瓷性能综合性能表现最好，致密度达 97.61%，介电常数 $\epsilon_r=10.45$ ，介电损耗 $\tan\delta=4.02\times 10^{-4}$ 。

结论：沉淀法制备氧化铝粉体在不过滤洗涤的情况下，烧结活性较高，粒径较小，MgO-Y₂O₃ 一定程度上降低氧化铝的烧结温度，促进烧结。

关键词：氧化铝陶瓷；碳酸铝铵沉淀法；MgO-Y₂O₃ 添加剂；介电性能

D01-P11

微波还原对氧化石墨烯/聚乙烯醇复合材料导电性能的影响

林少锋, 张鉴炜, 袁赛, 贺雍律, 石刚, 江大志

国防科学技术大学航天科学与工程学院 410072

本文通过微波辐照还原氧化石墨烯/聚乙烯醇复合材料，从而提高复合材料的导电性能，研究微波还原氧化石墨烯薄膜和氧化石墨烯/聚乙烯醇复合材料的还原机制。

本文制备了氧化石墨烯 (GO) 薄膜和氧化石墨烯增强聚乙烯醇 (GO/PVA) 复合材料，并研究了微波辐照、加热预还原对 GO 薄膜和 GO/PVA 复合材料导电性能的影响。同时通过 X 光电子能谱 (XPS)、拉曼光谱 (Raman)、X 射线衍射 (XRD) 和扫描电镜 (SEM) 等对 GO 薄膜和 GO/PVA 复合材料进行表征。

结果表明，微波还原对未经热还原预处理的 GO 薄膜的导电性能没有提高；相比 GO 薄膜，其在 150℃ 下预还原 1h，继续在 700W 功率下微波还原 5min 后，薄膜的表面电阻降低了约 1 个数量级；GO 薄膜经 150℃ 预还原 2h 和 5h 后，薄膜的表面电阻降低了约 1 个数量级，但该薄膜经微波还原后的表面电阻反而增大了，可能原因是微波还原过程中使得薄膜层间的距离变大，与 SEM 结果相对应。

交流电导率的测试结果表明，相比纯 PVA 复合材料，GO/PVA 复合材料的交流电导率明显提高了。

关键词：氧化石墨烯；聚乙烯醇；微波还原；热预还原；导电性能

D01-P12

预制体类型对 Cf/Cu/C 复合材料力学性能的影响

张欢, 尹健

中南大学粉末冶金研究院 410000

为提高 Cf/Cu/C 在高速、大电压、强电流和高频冲击下的力学性能，以其优异的力学性能、摩擦磨损性能及金属铜的高导电性，扩大在滑动电接触领域的应用。

以热解炭/树脂炭为基体，分析了以无纬布/网胎/铜网型(A 型)预制体复合材料和以网胎/铜网预制体(B 型)复合材料对 Cf/Cu/C 复合材料力学性能的影响。

利用金相显微镜和扫描电镜分析复合材料的组织形貌，研究复合材料的硬度、抗弯强度和冲击强度；研究其断裂机理。

结果表明，Cf/Cu/C 复合材料的硬度、抗弯强度和冲击强度分别介于 HRB 49.5~63.5，54.45~195.43MPa 和 0.49~2.67J·cm⁻² 之间，无纬布/网胎/铜网型预制体，热解炭/树脂炭混合基体复合材料综合力学性能最优；Cf/Cu/C 复合材料垂直方向的抗弯强度和冲击强度略优于平行方向；基体为热解炭/树脂炭时，无纬布/网胎/铜网型预制体复合材料的抗弯强度和冲击强度大于网胎/铜网型预制体复合材料。

关键词：Cf/Cu/C；力学性能

D01-P13

添加稀土元素 Ce 对 NiAl/TiC 改性 C/C 复合材料的影响

王林静，陈招科，熊翔

湖南省长沙市中南大学粉末冶金研究院 410000

为提高 C/C 复合材料在高温富氧环境中的抗氧化性能，采用两步真空熔渗法获得 NiAl/TiC 改性 C/C 复合材料。首先对 C/C 多孔坯体进行预熔渗 Ti 处理，再通过熔渗含有 Ce 的 NiAl 粉末对预熔渗 Ti 后的 C/C 多孔坯体进行金属基体改性。并初步探讨了在制备过程中添加 Ce 对 NiAl 熔渗的促进作用、熔渗机理及 NiAl/TiC 改性 C/C 复合材料的力学性能研究。研究表明：Ce 能改善 NiAl 熔体的粘度和表面张力，NiAl 粉与 Ce 混合后熔体铺展性更好；添加 Ce 对 NiAl 与 C/C 复合材料的润湿性有明显提升作用。通过调控 Ce 含量改变 NiAl 熔体的粘度，便于 NiAl 高温熔渗，当 Ce 含量为 9wt% 时，NiAl 压片在炭基体表面的润湿行为为最好。同时 NiAl 熔渗的过程中，Ce 伴随熔体渗入预渗 Ti 坯体内并保留在 NiAl/TiC 金属陶瓷结构中。经 NiAl/TiC 金属陶瓷熔渗后，复合材料的密度达到 3.19g/cm³，开孔率为 11.44%。此外，改性 C/C 复合材料的力学性能得到明显改善，抗压强度为 85.3MPa，抗弯强度为 50.41MPa。

关键词：C/C 复合材料；铈；镍铝；基体改性；熔渗法

D01-P14

2.5 D 浅交弯联 SiCf/SiC 复合材料的制备与力学性能研究

李月，陈招科，熊翔

中南大学粉末冶金研究院 410083

利用化学气相渗透 (CVI) 方法，在具有 2.5D 浅交弯联结构的 SiC 纤维管状编织体上预沉积 SiC-PyC-SiC 界面，再利用 CH₃SiCl₃-H₂-Ar 体系对其进行化学气相渗透 SiC 增密，制备了含 PyC-SiC-PyC 界面的管状 SiCf/SiC 复合材料。研究了 SiCf/SiC 复合材料的物相组成、微观结构、压缩、压溃以及环状拉伸等力学性能及其断口形貌。研究表明：SiCf/SiC 复合材料主要由 SiC 纤维、SiC-PyC-SiC 复合界面以及 SiC 基体组成。SiC-PyC-SiC 复合界面中，PyC 界面厚度为 400~500nm，SiC 界面厚度为 700nm~800nm；SiC 基体主要为 β-SiC 相。致密化后，SiCf/SiC 复合材料管状试样的密度为 2.50~2.58 g/cm³，开孔率为 7.70~9.10%。SiCf/SiC 复合材料轴向压缩强度为 53.2MPa、压溃强度为 38.18MPa。压缩时表现为与水平面成 45°方向的剪切破坏，压溃时表现为分瓣破坏，断口处可明显观察到纤维拔出现象，但拔出不长，表现出“假塑性”特征。SiCf/SiC 复合材料的环向拉伸强度为 12.8MPa，其断口相对较平，纤维拔出不明显，表现为脆性破坏。

关键词：碳化硅纤维；化学气相渗透；SiCf/SiC 复合材料；压缩；压溃；环拉

D01-P15

玻纤/环氧透波材料激光辐照炭化对其电性能的影响机理

张永强, 张黎, 陶彦辉, 谭福利

中国工程物理研究院流体物理研究所 621900

开展了气流条件下激光辐照炭化实验, 实验后高 Q 腔法测试结果表明: 2cm-4.2cm 电磁波范围内, 表面炭化后材料的介电常数 ϵ 、介质损耗正切值 $\tan\delta$ 明显高出初始状态。通过表面炭化物红外光谱测试发现炭黑粒子红外谱线, XRD 测试发现石墨晶体 002 晶面衍射峰, 结合环氧树脂与玻纤布材料的热分析测试结果, 分析认为玻纤/环氧透波材料激光辐照炭化效应对 ϵ 、 $\tan\delta$ 这两个电性能参数的影响机理是: 环氧树脂基体吸收激光能量升温使其发生了热分解、裂解等变化, 致使酯键、醚键、脂肪链断裂形成各种小分子量的有机物, 随着温度继续升高、吸收的热量增大, 有机物分子结构中键断裂越来越多, 碳原子重新分布使其转变成石墨化状态, 致使表面区域导电性能提升, 且处于岛链状态, 故 ϵ 和 $\tan\delta$ 明显增大。这一变化将使得玻纤/环氧材料表面变成导体状态形成电磁波吸收层, 将增大对雷达波的吸收, 削弱雷达波的透射, 同时炭化后的粗糙表面对电磁波的反射作用增强, 进而影响材料对雷达波的传输性能。

关键词: 激光; 透波材料; 玻纤/环氧; 炭化; 电性能

D01-P16

取向生长 hcp-Co_{1-x}Ir_x 薄膜的负磁晶各向异性机理研究

张莎¹, 庞华², 海莲¹, 李维银¹, 王涛², 李发伸²

1. 北方民族大学
2. 兰州大学

由于在垂直磁记录和各类高频微波器件中应用广泛, 近来, 具有负磁晶各向异性 (MA) 的取向生长的 hcp-Co_{1-x}Ir_x 软磁薄膜在磁性材料领域受到广泛的关注。不论是为了减小尖峰脉冲噪声和宽相邻磁道擦除, 还是提高共振频率 (不影响初始磁导率情况下), 均需要获得高的负 MA 常数。为提高 MA 常数, 基础是理清 CoIr 薄膜中负 MA 的物理起源。本工作目的即理解 CoIr 薄膜中负 MA 的微观物理起源。

本工作结合实验测量和第一性原理计算研究了取向生长 hcp-Co_{1-x}Ir_x (0.03<x<0.25) 薄膜晶格常数 c 、饱和磁化强度 (M_s) 和 MA 常数。实验上, 采用磁控溅射成功制备了 c 轴垂直于膜面取向生长的 hcp-Co_{1-x}Ir_x 薄膜, 并用 XPS、XRD、振动样品磁强计、超导量子干涉仪和电子自旋共振表征了样品性质。理论上, 采用基于密度泛函理论的线性缀加平面波方法计算了体系的相关物理量。

结果显示, 随着 x 增大, c 线性增加、 M_s 线性减小、MA 易轴从平行于 c 轴转为面内再转回平行于 c 轴, 第一性原理计算结果与实现结果的趋势相同。电子结构研究发现, Ir 原子具有两种位置不同的近邻 Co 原子: 异层 (面外) 近邻 (Co1) 和面内近邻 (Co2), Co1 具有面外分布的局域磁矩, 而 Co2 具有面内分布的局域磁矩, 两种磁矩的竞争导致体系磁性易轴随着 x 增加而变化。进一步分析表明, 这种磁矩分布的主要原因在于: 晶体结构畸变和 Co-Ir 间不同 d 分轨道电子杂化, 使得 Co1 原子 $dxz+yz$ 分轨道和 Co2 原子 dxy 分轨道电子减少。

本文用磁控溅射成功制备了取向生长的 hcp-Co_{1-x}Ir_x 薄膜, 并结合理论计算研究了体系的晶格常数、饱和磁化强度和 MA 常数。通过电子结构分析成功阐释了体系 MA 的微观物理起源: Ir 的两种近邻 Co 原子的不同分布局域磁矩的竞争。该研究对设计具有更高负 MA 常数的 hcp-CoIr 类薄膜提供了理论指导。
关键词: 负磁晶各向异性, hcp-CoIr 软磁薄膜, 第一性原理计算, 磁控溅射

D01-P17

类水滑石基高聚物阻燃复合材料的制备及性能研究

高艳珊, 邱蕾, 王强

北京林业大学 100083

高分子材料广泛应用于各行各业，已成为经济建设中的重要材料。但是这类材料易燃烧产生大量有害气体，威胁环境和人身安全，限制材料的使用。本文旨在通过对类水滑石（LDHs）形貌、大小、化学组成及其和其他阻燃协同剂的优化，开发出阻燃性能更优、添加量更少的绿色环保阻燃剂。

本研究中 LDHs 采用共沉淀和水热法得到，并通过溶剂混合法制备出 LDHs 基聚丙烯（PP）复合材料。采用 XRD、SEM、TEM、TGA、MCC 等对 LDHs 和 PP/LDHs 纳米复合材料进行表征测试。

结果表明，当片状 LDHs 粒径小于 300 nm，添加量为 40 wt% 时，PP/LDHs 复合材料的最大热释放速率（PHRR）可降低 57%。NO₃⁻、SO₄²⁻ 和 CO₃²⁻ 插层 LDHs 对提高 PP 的阻燃性能要优于 Cl⁻ 插层。Mg₃Al-CO₃ LDHs 对于提高 PP 的热稳定性能最优，当其添加量为 15 wt% 时，PP/LDHs 复合材料的 T_{0.5} 值可提高 54 °C。适量的 OCNTs 可以促进 PP 燃烧时的成炭过程，添加 10 wt% LDHs 和 1 wt% OCNTs 时可使 PP 的 PHRR 降低值由只添加 10 wt% LDHs 时的 10% 提高到 40%。优化得到 OCNTs 作为 PP 阻燃剂的最佳添加量为 1 wt%。并且该条件下可以明显提高复合材料的机械性能。和 PP/Mg₃Al-CO₃ LDHs 复合材料相比，PP/Mg₃Al-APP LDHs 复合材料的 PHRR 降低值由 31% 增加到 55%（添加量 20 wt%）。当 ZB 添加量为 2 wt%，Mg₃Al-APP LDHs 的添加量为 10 wt%，可使 PP/Mg₃Al-APP LDHs/ZB 复合材料的 PHRR 降低值由 27% 进一步提高到 42%。

经优化得到用于 PP 的最佳 LDHs 阻燃剂为片状，粒径小于 300 nm 的 Mg₃Al-CO₃ LDHs。OCNTs、APP 及 ZB 的添加可以在达到高效阻燃性能的同时降低 LDHs 的添加量。

关键词：类水滑石；聚丙烯；阻燃协同剂；热稳定性能；阻燃性能；机械性能

D01-P18

基于氮氧化钛的负介电常数分析

范国华^{1,2}，解培涛^{1,2}，王忠阳^{1,2}，张子栋^{1,2}，刘峒^{1,2}，范润华^{2,3}

1. 材料液固结构演变与加工教育部重点实验室（山东大学）
2. 德州迈特新材料研究中心
3. 上海海事大学海洋材料科学与工程研究院

目前，基于将导电相填充入陶瓷基复合材料和聚合物基复合材料的以获得负介电常数和负磁导率的工作已经被大量报道，但是负介电常数的绝对值较大，通过导电相的含量、形貌可以对其进行一定程度的调控。为此，为得到较小数值的负介电常数，并对其进行有效调控，本实验采用氮化钛和氧化钛在高温下固溶反应得到弱导电性的氮氧化钛以对材料的负介电常数进行调控。

以微米级氮化钛、二氧化钛粉体为原料，利用干压成型方法压制坯体，通过固相反应，在氮气气氛下加热到 1300°C 进行烧结，所得样品的最终尺寸为厚度约 2mm、直径约 15mm 的圆片。利用 X 射线衍射（XRD）对样品的物相进行分析，利用扫描电子显微镜（SEM）对样品的微观形貌进行分析，并且利用高精度阻抗分析仪测试样品的介电性能，并对其介电常数、损耗、交流电导率及阻抗进行分析。

经 XRD 衍射图样分析，高温烧结过程中，氮化钛和二氧化钛发生固溶反应生成氮氧化钛，氮化钛含量高时仍有部分氮化钛剩余；SEM 图像显示固溶反应的发生可以促进烧结过程中晶粒的结合；同时，在 10MHz-100MHz 的频率范围内，得到负介电常数，实验数据可利用自由电子模型（Drude model）进行拟合，另外，块体材料中氮氧化钛的含量越高，负介电常数的绝对值越小。

由此可得，利用氮化钛和氧化钛在高温下的固溶反应，可以得到氮氧化钛，同时，氮氧化钛的负介电常数是由低频等离子体子震荡引起的，可用自由电子模型（Drude model）进行拟合。另外，可通过控制混料时氮化钛和氧化钛的比例，控制材料中氮氧化钛的含量，实现对其负介电常数的有效调控。

关键词：氮氧化钛、负介电常数、固溶反应、等离子体子振荡

D01-P19

Co/Al₂O₃ 复合材料的低频电性能

解培涛，范润华，王绪爱，王忠阳，范国华

山东大学材料液固结构演变与加工教育部重点实验室, 山东 济南 250061 Shandong University, Jinan 250061, China

目的: 多孔氧化铝陶瓷具有绝缘性好、相对较高的气孔率和一定的强度等性质。在这种多孔陶瓷中添加一些金属获得金属陶瓷复合材料会出现较好性能。我们研究了 Co/Al₂O₃ 复合材料的低频电性能。

方法: 氧化铝陶瓷基体是利用无压烧结法制备的。通过浸渍还原法将金属钴负载到多孔氧化铝中。当复合材料中钴的质量分数分别达到 13 wt%, 20 wt%, 24 wt% 时, 将还原后的样品再用化学法处理, 即将样品预处理放到生长液中 350 °C 反应 24 小时。化学法的目的是改善复合材料的微观形貌。最后, 要进行二次还原。

结果: 通过用 XRD 和 SEM 分析复合材料的物相和微观结构, 通过 HP 4294 阻抗分析仪(~ 20MHz)分析材料的低频电性能, 主要包括介电常数, 电导率和电抗。结果表明, 金属钴呈絮状结构均匀分布在多孔陶瓷表面。介电常数、电导率和电抗等低频电性能随着钴含量的变化而有规律变化。金属含量高的样品介电常数通常较高, 并且这些样品都表现出电容性。

结论: 通过浸渍-还原法制备的金属陶瓷, 其介电性能得到改善; 且其介电性能可通过控制浸渍溶液的浓度和浸渍次数进行调控。

关键词: 无压烧结法; 金属陶瓷复合材料; 浸渍法; 絮状结构; 电性能

D01-P20

涂覆/熔渗制备 ZrC-SiC 涂层的微观结构和氧化性能研究

王馨爽, 杨平, 陈招科, 熊翔

中南大学粉末冶金研究院 410083

为提高 C/C 复合材料在高温有氧环境中的抗氧化性能, 采用涂覆/熔渗法在 C/C 复合材料表面制备了 ZrC-SiC 基陶瓷涂层, 并研究了涂层的微观结构及其在 900°C、1500°C 的等温抗氧化性能。

研究表明, 涂层结构比较完整, 无明显的贯穿性裂纹生成; 涂层中的部分 Zr、Si 原子渗入 C/C 基体与炭发生反应, 产生钉扎作用, 从而提高涂层-基体间的结合强度。

涂层试样在 900°C、1500°C 高温氧化 24h 后, 失重分别为 1.89%、3.56%, 表现出了较好的抗氧化特性。高温氧化后, 涂层表面形成了一层有固体颗粒弥散分布的玻璃态熔体, 其中固体颗粒为 ZrSiO₄ 与 ZrO₄ 的混合物, 玻璃态熔体为 SiO₂, 具有良好的高温稳定性。

关键词: C/C 复合材料; ZrC-SiC 基陶瓷涂层; 涂覆/熔渗; 抗氧化性能

D01-P21

硬币状 α -Fe₂O₃ 纳米材料的制备与性能研究

闫共芹, 何强, 余冬燕

广西科技大学 545006

以硝酸铁为铁源、PVP 为表面剂、乙酸钠为碱源、乙二醇 (EG) 与二乙二醇 (DEG) 混合溶液为溶剂, 通过水热法成功制备了硬币状 α -Fe₂O₃ 纳米材料, 并且研究了其形成机理。通过 X 射线衍射仪 (XRD)、场发射扫描电子显微镜 (FESEM) 对所得的硬币状 α -Fe₂O₃ 纳米材料进行成分与形貌分析。研究发现, 反应溶剂中 EG 和 DEG 的比例是形成硬币状 α -Fe₂O₃ 纳米材料的关键, 随着 EG 在混合溶液的比重中增加, 所得产物的径厚比越大。通过振动样品磁强计 (VSM) 测试了其的静磁性能, 研究发现硬币状 α -Fe₂O₃ 纳米材料具有超顺磁性, 其饱和磁化强度为 7.678 emu·g⁻¹。以硬币状 α -Fe₂O₃ 纳米材料作为锂离子电池阴极材料, 在八通道电池测试仪上测试了其电化学性能, 研究发现其具有良好的电化学性能, 在 0.1 C 倍率下首次充电容量和首次放电容量可达到 236 mA·h·g⁻¹ 和 393 mA·h·g⁻¹。

关键词: 硬币状 α -Fe₂O₃ 纳米材料, 形成机理, 静磁性能, 电化学性能

D01-P22

NiFe₂O₄-rGO 纳米复合材料的制备与电化学性能研究

闫共芹, 何强, 余冬燕

广西科技大学 545006

通过水热法成功制备了镍铁氧化物-还原氧化石墨烯(NiFe₂O₄-rGO)纳米复合材料,并通过X射线衍射仪(XRD)和场发射扫描电子显微镜(FESEM)对纳米复合材料的成分和形貌进行了分析。研究发现,在复合材料中,镍铁氧化物纳米粒子氧化石墨烯片层上生长,呈现八面体形并有很好的结晶度,其边缘的长度约100 nm。通过振动样品磁强计(VSM)在室温下对纳米复合材料的静磁性能进行了测试,研究发现,NiFe₂O₄-rGO纳米复合材料呈现超顺磁性,其饱和磁化强度为76.8 emu·g⁻¹。以NiFe₂O₄-rGO纳米复合材料为电池阴极材料制成CR2016纽扣锂离子电池,在八通道电池测试仪上测试了其电化学性能,研究发现其具有优异的电化学性能,在0.1 C倍率下首次充电容量和首次放电容量可达到652 mA·h·g⁻¹和1469 mA·h·g⁻¹,充放电容量超过单独镍铁氧化物和石墨烯的理论容量值,这表明了纳米复合材料中镍铁氧化物和还原氧化石墨烯的协同作用能够对材料的电化学性能带来提升。

关键词: NiFe₂O₄-rGO 纳米复合材料, 水热法, 静磁性能, 电化学性能

D01-P23

C/C-Cu 复合材料的烧蚀性能

亚楠, 尹健

中南大学粉末冶金研究院 410083

采用三种样品: 针刺 CVD 未经热处理 C/C-Cu (烧蚀 10s 记为 1#, 2#), CVD 2000℃ 热处理 C/C-Cu (3#烧蚀 10s, 4#烧蚀 30s), C/C (烧蚀 20s, 记为 5#, 6#)。采用氧-乙炔测试材料的抗烧蚀性能, 利用 XRD, SEM 分析材料烧蚀后的物相组成及组织形貌, 探究讨论复合材料的抗烧蚀机理。

结果表明: 随着烧蚀时间的延长(3#和4#样品)材料的质量烧蚀率和线烧蚀率都增长; 在烧蚀时间一定的情况下(1#和3#样品)热处理能显著提高材料的抗烧蚀性能; 经过与5#和6#的对比分析, C/C-Cu 复合材料的抗烧蚀性能显著优于 C/C 复合材料。烧蚀后的复合材料表面生成了氧化物 Cu₂O。C/C-Cu 复合材料的烧蚀机理主要包括热氧化烧蚀, 热物理烧蚀和机械冲蚀的综合作用。

关键词: 抗烧蚀性能 质量烧蚀率 氧化烧蚀

仅发表论文

D01-PO01

温度对 AlSi10MnMg 铝合金熔体粘度特性的影响

朱必武¹, 刘筱¹, 肖罡²

1. 湖南科技大学 高温耐磨材料及制备技术湖南省国防科技重点实验室, 湘潭, 411201

2. 湖南科技大学 难加工材料高效精密加工湖南省重点实验室, 湘潭, 411201

粘度是影响铝合金熔体流动性的内在因素,同时也是铸造充型过程模拟中重要的物性输入参数。本文采用高温旋转粘度计测定了 AlSi10MnMg 铝合金熔体的粘度,并讨论了熔体温度对其粘度特性的影响。结果表明: AlSi10MnMg 铝合金熔体表现非牛顿流体特性,适合采用旋转粘度计测定其粘度,其粘度值远大于采用振荡粘度计测定的铝合金粘度值。随着温度的降低, AlSi10MnMg 铝合金熔体的粘度变化可以分为四个阶段,各阶段粘度随温度变化的规律不同,这主要是其熔体内部结构会随温度的变化发生一系列的演化。

关键词: 铝合金; 旋转粘度计; 粘度; 非牛顿流体

D01-PO02

以生物质为原料制备荧光碳点

许利娜, 杨小华, 黄坤, 夏建陵

中国林业科学研究院林产化学工业研究所, 南京 210042

作为一种重要的药食两用植物, 菊花用途广泛, 在食品、茶饮、医药产品中大量应用。黄山贡菊的主要活性成分为黄酮类和酚类化合物, 被广泛应用于临床上治疗风热感冒、头痛眩晕、眼目昏花等。作为一种富含碳, 氧, 氮的自然资源, 贡菊中含有大量游离的氨基酸可以作为 N 源, 可均匀掺杂于碳的结构中, 而不需要外来的掺杂源。我们以贡菊为原料通过简单的一步水热反应制备 N 元素掺杂的碳点 (N-CDs)。制备的 N-CDs 对 PH 敏感, 随 pH 降低, 荧光强度增加, 最大荧光强度接近于 pH = 2 处。N-CDs 在酸性条件下表现出良好的荧光活性, 而在中性和碱性溶液中则相对较低。在 4~12 的 pH 范围内, 随着 pH 值的增加, 荧光强度显著降低。这种行为可归因于在不同 pH 条件下, N-CDs 有不同的去质子化度。当 pH 值降低时, 去质子化程度逐渐增加, 导致更高的净表面电荷, 这赋予 N-CDs 在水中具有分散性和亲水性, 从而提高荧光强度。特别地, 随着 pH 值在 2-4 的范围内的 pH 值降低, 荧光强度的增加速度减慢, 这可能是因为在酸性环境中 N-CDs 的质子化倾向于饱和。因此, 考虑到常规废水多数呈酸性, N-CDs 在强酸性环境中具有潜在的应用价值, 可用作酸性荧光传感器。

关键词: 菊花; 碳点; 荧光传感器; 酸性

D01-PO03

微晶石墨/羰基铁粉复合吸收剂电磁特性研究

廖晨博, 朱旭坤, 唐镇宇, 谢炜, 匡加才, 邓应军, 曹太山

长沙理工大学汽车与机械工程学院

为提高微晶石墨电磁波吸收性能, 本文研究了微晶石墨/羰基铁粉复合吸收剂电磁参数并计算了其反射率。结果表明: 复合吸收剂具有电损耗和磁损耗机理, 能有效拓展微晶石墨的有效带宽, 可为“薄、轻、宽、强”新型吸波材料的研究提供参考。

D01-PO04

CoNiFe 合金磁粉复合材料的微波电磁性能研究

张传坤, 罗啸, 马亚楠, 李伟, 张雄, 南楠

湖北汽车工业学院理学院

片状 Co 基软磁合金微粉因其高居里温度、高饱和磁化强度和强形状各向异性可应用于制备微波低频段薄层高温吸波材料。为制备片状高温磁性吸收剂, 利用机械球磨工艺对 Co₆₅Ni₁₂Fe₂₃ 合金磁粉原料进行扁平化处理, 主要控制参数为球磨时间, 分别取 5h、7.5h 和 10h。采用 XRD、SEM、VSM 及矢量网络分析仪等分析手段, 分别研究了不同球磨时间对磁粉微结构、形貌及 2-18GHz 频率范围内电磁性能的影响。研究表明: (1) 随着球磨时间的增加, 粉末颗粒形貌逐渐由原料的球形向薄片状演变, 颗粒纵横比先增大后减小; (2) 随着球磨时间的增加, 粉末内应变逐渐增大, 饱和磁化强度逐渐减小, 矫顽力逐渐增大; (3) 随着球磨时间的增加, 磁粉复合材料在介电常数方面呈现明显的增大趋势, 主要是因为片状颗粒填充的复合材料在微波频段存在很强的界面极化和电导损耗; 此外, 随球磨时间的增加, 微粉复合材料的磁导率总体上呈现先增大后减小的趋势, 磁导率虚部出现明显的损耗峰, 且峰值对应的频率随球磨时间的增加向高频移动, 分析结果表明原料和 5h 处理的粉末所填充的复合材料的磁损耗机理主要为涡流损耗, 而 7.5h 和 10h 处理得到的复合材料的损耗机理主要为自然共振。

D01-PO05

退火温度对 FePd/Si₃N₄ 复合膜的结构和磁性能的影响

周鑫, 刘涛, 马垒

1. 桂林电子科技大学 材料科学与工程学院
2. 桂林电子科技大学 广西信息材料重点实验室

采用磁控溅射方法制备了铁磁性 FePd/Si₃N₄ 复合薄膜, 分别在 550℃、600℃、700℃ 热处理 3 h, 利用 X 射线衍射仪(XRD)、振动样品磁强计(VSM)和原子力显微镜(AFM)等测试方法研究了不同温度对其结构和磁性能的影响。研究表明, Si₃N₄ 顶层可以有效地抑制 FePd 颗粒的生长, 使 FePd 薄膜晶粒细化。FePd/Si₃N₄ 薄膜随着热处理温度的提高, 薄膜的 fcc-fct 相转变进程进一步增加, 当热处理温度升至 700℃ 时, 薄膜有序相的衍射峰出现退化, 这是由于热处理温度过高, 破坏了样品的 L10 相, 打乱了 Fe 和 Pd 的有序排布, 使得样品中的无序相成分增多。磁性能测试表明, 在不同温度下测得薄膜的矫顽力 H_c 分别为 2.9 kOe、3.1 kOe、2.2 kOe, 同时对应的剩磁比 Mr/Ms 约为 0.99、0.96、0.88, 由此表明热处理温度过高, 会破坏薄膜的有序度。在 600℃ 热处理 3 h 时, 薄膜的性能达到最佳。

D01-PO06

聚合物改性偏高岭土浆料对水泥基材料结构性能的影响

张俊华, 袁凯, 水中和

武汉理工大学

偏高岭土由高岭土煅烧制备, 由于具有较大的表面能而易发生严重团聚不易分散, 会对其性能产生不利影响, 同时松散的堆积状态导致储存和运输成本增加。

本研究将偏高岭土加水制成浆体, 采用聚乙二醇、亚甲基二萘磺酸钠和羟乙基纤维素三种表面活性剂复配后形成的三种组合分散剂改性偏高岭土浆料, 分析了复合浆料对水泥基材料强度的影响, 利用 XRD、SEM 等方法分析分散浆料对水泥基材料微观结构和水化的影响。

研究表明, 偏高岭土在浆料中得到分散, 选用 MK 与 H₂O 比值为 35:65 的浆料可获得较高的容积密度和较低的粘度, 偏高岭土浆料可在一定程度上降低偏高岭土对砂浆流动性的不利影响, 三种化学分散剂复配制备的浆状矿物掺合料具备流变性能好, 具备分散稳定性等优异性能。

水介质中的预分散有效提升偏高岭土颗粒在水泥基材料中的均匀分布, 分散浆料能稳定提升水泥基材料的力学性能, 促进水泥水化和优化水泥石结构, 同时偏高岭土浆料参与的反应能降低界面过渡区的间隙, 密实水泥浆体结构, 材料性能得到综合提升。

D01-PO07

马氏体相变循环的时效及循环次数对 304 不锈钢超塑性的影响

谢文玲, 周顺勇, 郭翠霞, 李秀兰, 李轩

四川理工学院

采用形变和形变后时效发生马氏体相变及逆相变循环, 研究了形变后时效温度、时效时间和相变循环次数对合金超塑性、显微组织及马氏体百分含量的影响。研究发现: 室温拉伸形变 30% 后, 973K~1273K 时效 20min, 相变循环 2 次, 总延伸率先随时效温度上升而明显增加, 1073K 时效总延伸率达到 141% 实现超塑性, 1173K 达到最大值 150%, 之后随时效温度增加而略有下降, 时效温度存在最佳值; 形变后 1073K 时效 10~30min, 总延伸率随时效时间增加而增加, 时效 15min 达到最大值 167% 后下降, 时效时间存在最佳值; 1073K 时效 30min, 随相变循环次数增加, 总延伸率连续增长, 相变循环 6 次后达到 485%。采用铁素体仪测定马氏体百分含量, 结果表明相变循环可大大提高应力诱发马氏体数量, 2 次相变循环获得的马氏体百分含量为 34%, 比未相变循环的试样提高了近 1 倍。相变循环时效时间对马氏体数量几乎无影响, 而相变循环次数对马氏体数量影响较大, 相变循环 3 次以内马氏体数量基本在 32% 左右, 循环次数达到 4 次以后马氏体数量降低到 22% 左右。微观组织研究表明 973K 时效马氏体未能逆相变为奥氏体, 1073K 以

上时效均逆相变为奥氏体，随时效温度增高奥氏体晶粒长大；时效时间大于 15min 以后，晶粒开始合并长大并出现空洞；随相变循环次数增加，晶粒显著细化，相变循环 4 次以后，晶粒尺寸无明显变化。相变超塑性的实现机制为动态再结晶、晶粒细化、马氏体的逆相变性及诱发量，显微组织内的空洞综合作用。

D01-PO08

改性硅藻土对聚丙烯结晶度及力学性能的影响

赵宇，杜明，张可新，高亮

长春工业大学

采用广角 x 衍射法 (WAXD) 研究了不同偶联剂改性硅藻土颗粒及其含量对聚丙烯 (PP) 结晶行为和力学性能的影响。以不同含量的硅藻土与聚丙烯进行熔融共混，制备硅藻土/聚丙烯复合材料，研究不同偶联剂对硅藻土的改性效果，分析不同硅藻土含量对材料力学性能的影响。

结果表明：偶联剂对硅藻土的改性效果明显，其中铝酸酯偶联剂的改性效果最佳，使复合材料表面孔洞的尺寸更均匀。随着硅藻土含量增加，聚丙烯结晶度增大，当硅藻土含量增加到 30% 时，其结晶度达到最大值。当铝酸酯偶联剂的含量为 1% 时，材料的改性效果和力学性能达到最佳。说明硅藻土颗粒具有明显的成核效应，并具有较强的诱导成型结晶的能力。

D01-PO09

导电用 Al₃BC/(Al-Cu-Mg) 微复合材料的成分设计与性能优化

钱钊，朱凯，刘相法

山东大学材料科学与工程学院

为同时提高电力用铝导体的导电性能和力学性能，我们通过正交试验、成分设计和热处理调控等手段进行了 Al₃BC/(Al-Cu-Mg) 微复合材料的制备和性能研究。确定了一种 Al-Cu-Mg 系导电用铝合金的最优成分。通过引入 Al-B-C 中间合金，同时提高了材料的导电率和室温抗拉强度：导电率比原始 Al-Cu-Mg 合金提升 3.7%，强度则最高提升了 21.3%。针对所制备的新型微复合材料，制定了合适的均匀化退火和合适的热处理制度，从而进一步提升了材料的强度，同时将导电率维持在较高的水平：导电率最高可比原始合金提升 5.7%，室温抗拉强度则相比原始合金最高提升了 32.5%。此外我们亦对相关性能的提高机理进行了探索。

D01-PO10

环氧树脂基 Fe/Fe@SiO₂ 复合材料介电性能调控

陈佳琪，屈云鹏，刘峒

材料液固结构演变与加工教育部重点实验室

本文详细研究了以铁单质作为功能体环氧树脂作为基体的复合材料的低频 (20Hz-5MHz) 介电性能，包括交流电导率，复介电常数，阻抗等。通过高能球磨方法向铁/环氧树脂复合基体中添加随机分布的绝缘包覆铁粉，使复合材料的介电性能得到精确调控。采用优化的 Stober 法制备包覆着非晶二氧化硅的铁粉。通过改变 TEOS 水解参数如温度、PH、TEOS 添加量等调整非晶二氧化硅的包覆效果。采用 SEM 和 EDX 观察复合材料形貌及 SiO₂ 包覆效果，通过 XRD 图中 SiO₂ 非晶峰强度对比包覆层厚度。复合材料的介电性能通过 LCR 数字电桥测试。实验数据表明 25℃、PH=10.84、TEOS 添加量为 10ml 时包覆效果最好，不同包覆效果的绝缘铁粉能精确调控复合材料的介电性能。本文的研究提供了一种调控材料介电性能的新方法。

D01-PO11

聚 3-甲基噻吩/纳米 TiO₂ 复合材料的制备 及其光电性能研究

高丽, 颜小威, 杨欣, 马武林, 杜海英

成都理工大学, 材料与化学化工学院, 四川成都, 成都市二仙桥东三路 1 号, 610059

导电聚合物/无机纳米复合材料兼具导电聚合物和无机纳米材料的双重特性, 近年来成为材料科学领域研究的热点。在众多的导电聚合物材料中, 聚噻吩具有良好的导电性、物化稳定性、空穴传输性、电致变色性以及较好的光电转换能力, 在非线性光学器件、光电、电磁屏蔽材料等方面有着广泛的应用。

为了拓展复合材料在工业领域的应用, 本文采用化学氧化聚合法将单体 3-甲基噻吩和纳米 TiO₂ 制备成聚 3-甲基噻吩/纳米 TiO₂ 复合材料。探究了用十二烷基苯磺酸钠改性纳米 TiO₂ 前后对复合材料光电性能的影响; 考察了 3-甲基噻吩单体与氧化剂氯化铁不同摩尔比、纳米 TiO₂ 与 3-甲基噻吩单体不同质量比对聚 3-甲基噻吩/纳米 TiO₂ 复合材料光电性能的影响。

采用 XRD、红外、荧光光谱、电化学工作站、四探针测试仪等手段对制备的复合材料进行了表征, 发现用十二烷基苯磺酸钠改性后的纳米 TiO₂ 与 3-甲基噻吩所制得复合材料的发光性能和电导率优于改性前的。

3-甲基噻吩单体与无水 FeCl₃ 的摩尔比为 1:2, 与纳米 TiO₂ 的质量比为 2:1 所制备的复合材料, 以 500 nm 激发能够在 645 nm 处发射出完美的 excimer 荧光峰, 使得此类复合材料在荧光装饰材料、荧光防伪材料的应用成为可能。

D01-PO12

铜/环氧树脂复合材料的介电性能

徐慈群, 解培涛, 刘骁

材料液固结构演变与加工教育部重点实验室

本文通过冷冻球磨和低温热压工艺制备了以铜单质作为功能体的金属/树脂介电增强复合材料。详细研究了不同铜含量的复合材料的微波频段介电性能, 并采用阻抗分析仪测试介电性及阻抗, 扫描电镜表征材料形貌, HFSS 仿真模拟对阻抗进行分析。研究结果表明交流电导率的频散符合幂次定律, 证明了铜单质的电子跳跃电导行为。随着 Cu 含量的增加, 铜和环氧树脂界面增加, 导致了复合材料介电实部不断增大。在 Cu 含量为 60%-70% 之间介电性出现跳跃式增长, 当金属铜的含量增长到 70% 时仍没有超过域渗阈值, 表明环氧树脂作为基体有着优异的绝缘性能。

D01-PO13

Infrared thermochromic properties of monoclinic VO₂ nanopowders by malic acid-assisted hydrothermal method for adaptive camouflage

Haining Ji

Science and Technology on Advanced Ceramic Fibers and Composites Laboratory, National University of Defense Technology

The monoclinic VO₂ nanopowders were synthesized by malic acid-assisted hydrothermal method. The derived VO₂ nanopowders were characterized by X-ray diffraction, Fourier transform infrared spectroscopy, Raman spectroscopy and scanning electron microscopy. The phase transition properties of monoclinic VO₂ nanopowders were studied by differential scanning calorimetry, which displayed an obvious phase transition at 67.2 °C with a narrow thermal hysteresis width of 4.9 °C. Besides, the resistance-temperature relationship and thermal infrared images in the waveband 7.5~13 μm were analyzed. The results showed VO₂ samples have excellent electrical properties with resistance changes as large as two orders of magnitude. And VO₂ nanopowders obtained can control its infrared radiation intensity actively and lower its radiation temperature. Furthermore, the stability of VO₂ nanopowders was investigated. The results showed that VO₂ nanopowders have good thermal stability, oxidation resistance below 375 °C in air atmosphere and humidity resistance, which has great application

prospects in the adaptive infrared camouflage technology.

D01-PO14

生长温度对 Co 掺杂 ZnO 薄膜的应力和形貌演化研究

刘云燕, 修俊山, 魏功祥, 孙美玲, 赵栋, 李书涛, 王仁东, 宋梦真, 付圣贵
山东理工大学

利用激光分子束外延技术在不同生长温度(350 到 500 oC)下, 在硅和玻璃衬底上制备了 $Zn_{1-x}Co_xO$ ($x=0.05$, CZO) 薄膜。通过 X 射线衍射 (XRD) 和原子力显微镜, 研究了薄膜的结构、应力及形貌特点。XRD 测试表明, 所有薄膜都是 (002) 方向择优生长的 CZO 多晶薄膜。生长在玻璃衬底的薄膜都表现为压应力, 而硅衬底上的薄膜从较低温度的压应力转变为在较高温度下拉应力。对不同衬底, 生长温度的提高, 均有利于薄膜中应力的释放, 我们对温度和衬底对薄膜应力的影响进行了讨论。通过研究高度-高度相关函数, 我们计算了薄膜的表面形貌参数即: 粗糙度指数 α , 纵向方均根粗糙度 w 及横向相关长度 ξ 。两种衬底上, 较低温度下 α 均小于 0.65, 表明较低的温度不足以为沉积原子自由迁移扩散提供足够能量, 我们认为这是较低温度下薄膜中产生较多缺陷, 从而产生较大的应力的一个重要原因和证明。随温度升高, 纵向粗糙度和横向相关长度之比 w/ξ 先是升高, 表明随温度升高, 纵向质量传输比横向增加的更快。温度进一步升高, w/ξ 降低, 纵向质量传输能力略有降低。我们发现, 随温度变化, 不同衬底上薄膜的 w/ξ 有相同的变化规律, 不因衬底不同而不同, 意味着薄膜的 w/ξ 比值更多的取决于生长温度而不是衬底。

D01-PO15

基于低介电材料的结构型双频超材料吸波体

王强, 唐秀之, 王岩, 杜作娟, 黄小忠
中南大学航空航天大学 新型特种纤维及其复合材料湖南省重点实验室

基于介电谐振理论, 本文提出了一种基于纯的低介电材料的新型超材料吸波体。吸波体由采用双层介质结构, 上层单元 (Layer1) 由与矩形孔阵列构成; 下层单元 (Layer2) 由正方形孔阵列组成。由于电谐振和磁谐振, 吸波体在 14.652GHz 和 16.608GHz 分别实现了完美吸收效果。通过分析电场分布, 磁场分布, 功率损耗密度的分布, 解释了该吸波体的谐振机理。详细讨论并解释了 Layer1 和 Layer2 的孔径尺寸对吸波特性的影响。模拟实验表明 Layer1 的孔尺寸主要影响吸波体与自由空间的阻抗匹配程度, 而 Layer2 的孔径尺寸影响第一个谐振峰的频率选择特性。通过讨论介电常数和介电损耗角正切对吸波特性的影响, 研究了吸波体对介质材料的依赖性。本设计为制备纯介质吸波体提供了简单有效的方法。