



中国材料大会 2025

暨新材料科研仪器与设备展

7月5-8日, 2025
福建 厦门

D01-超材料与多功能材料
D01-Metamaterials and multifunctional materials

主办单位

中国材料研究学会

会议网址: <https://cmc2025.scimeeting.cn>



D01.超材料与多功能材料

分会主席：范润华 顾军渭 孙竞博 段玉平 秦发祥 杜艾 刘峤

口头报告

D01-01

一维材料组装体高性能器件

孟国文

中国科学院合肥物质科学研究院 固体物理研究所，合肥，邮编 230031

合肥市，蜀山湖路 350 号，1129 信箱，gwmeng@issp.a.cn

一维纳米材料的三维空间宏观组装体，是高性能微纳器件的核心关键组成部分。但这种组装体是纳米制造界的国际难题。预先制备好的零散一维材料，很难在三维空间批量组装；即使现有的超净室工艺，也难以直接批量制备一维材料的复杂三维组装体。我们将“多型腔模具”制造相同形貌产品的方法应用于纳米制造，提出了效率高、可控性好的“多孔模板法”制备新思路；破解了可控制备一维组装孔模板与批量构筑一维材料组装体系的理论与技术难题，获得了多种功能的高性能微型器件。

其中，多孔模板是基于铝在酸溶液中阳极氧化得到的一维多孔氧化铝，但其孔是相互孤立、仅在小范围内有序。我们揭示了阳极氧化铝中一维分枝孔的形成规律，设计制备了形貌与尺寸可控的一维分枝多孔模板，开拓了模板法批量可控构筑一维分枝微纳电路与原型器件的新途。澄清了铝片中铜杂质对阳极氧化过程中孔形貌的影响机理，设计制备了一维纵-横互连孔和三维叉指孔的氧化铝模板，合成了对应形貌的碳管组装体，进而研制了以碳管组装体为电极的小型化高性能滤波超级电容器和能量密度最高的介质电容器，为电力电子设备的小型化提供了新的技术方案与核心关键电极材料。我们发明用规则有序凸模预压铝片、再阳极氧化的新方法，获得了大面积有序排列的多孔氧化铝模板，进而发明了模板法制备一维材料宏观阵列高灵敏表面增强拉曼散射光谱基片的新方法，在此基础上研制了便携式拉曼光谱检测仪，在中毒案物证鉴定和打击毒品犯罪中发挥了重要作用，产生了良好的社会与经济效益。

D01-02

超构透明吸波体

朱嘉琦 宋梓诚

哈尔滨工业大学

吸波材料在电磁隐身技术中发挥着至关重要的作用。作为战机电磁隐身与防护的薄弱环节，在座舱透明材料实现电磁吸收面临更复杂和独特的挑战。经典透明吸波体在电磁防护性能、电磁吸收带宽等多项指标存在难以调和的矛盾，并且透明与电磁吸收之间的矛盾制约了性能进一步提升。近年来，超表面设计理念被应用于透明吸波体，上述核心性能指标得到显著改善，推动了其在电磁隐身与防护领域的实际应用。课题组近年来在透明吸波体领域取得了许多进展，开展了超宽带电磁吸收与防护、混合机制电磁隐身性能增强、多光谱协同伪装、可重构电磁伪装等研究工作，展望了新兴技术与需求为透明吸波体带来的多机制、多功能、智能化的发展机遇。

D01-03

介电高分子复合材料设计及其电磁波传输特性研究

楚合涛*、蔡非凡、梁叶辉、何剑桥

电子科技大学国家电磁辐射控制材料工程技术研究中心

介电常数是材料重要参数之一，其中介电常数实部代表材料对电能存储能力，虚部代表材料电能的损耗能力。介电常数的调控对于电磁波传输的辐射调控、介质电容设计、光学超材料与器件设计均具有重要的意义。传统高分子材料的介电调控主要通过调控材料体系偶极子密度与引入空心介质的方法实现介电常数控制，这些方法难以实现介电性能的进一步提升。

本研究主要使用的材料包括氰酸酯单体、二胺单体、二酐单体、丙烯酸液晶弹性体单体、二硫醇单体、

金属有机框架材料和共价有机框架材料。探究了介电高分子的介电常数控制机理，通过氢键作用和 π - π 堆叠作用设计了介电高分子的极化控制方法，实现了高分子介电性能与力学性能的同时提升，并且探究了其透波结构中的潜在应用。

研究表明，通过引入分子间作用能够约束偶极子的极化能力，通过氢键的引入可以控制偶极子的松弛过程，链缠结作用提升了材料的力学性能，通过受限空间的主客体结构设计实现了 GHz 频段下，材料的介电性能温度响应控制。本研究为介电材料的极化控制提出新的参考方法。

D01-04

微纳热调控材料设计及其在控温节能中的应用

彭雨黎
北京大学

D01-05

仿生能源超材料的固液界面调控

李猛*
重庆大学

新能源转换及储存系统中的界面问题是一些光、电化学能源器件或装置的核心问题，例如二次电池中的电极/电解质界面电荷传递及界面反应、能源催化中的气/液/固相界面电荷及离子传输机制及表界面工程、太阳能光/热/电转换中的界面转换、分离、传输及复合机制等。自然界中存在丰富的界面现象，能够在温和的条件下、最低的能耗下以及有限的材料选择范围内的实现精巧的多功能界面调控。报告人近年来尝试想自然学习的仿生思路解决新能源转化及储存过程中的界面问题，通过新能源利用中关键材料的仿生设计和器件内部能质传递与转换的协同方法这两方面开展了系列研究工作，采用材料与工程热物理学交叉的研究方法，发展了多尺度碳基材料的可控制备及其功能电极的调制，探讨了碳基材料的仿生策略与“功能仿生”作用机理，尝试了材料仿生设计与内部能质传递与转换协同的研究方法。

D01-06

逆反射-高透波微波超材料集成设计

贾宇翔*
空军工程大学

多功能微波超材料能够以灵活多变的调控方式操纵电磁波，这将显著提升电子系统的集成度与应用潜力。然而，现有设计方案大多仅能在特定角度范围内实现反射或透射功能，导致另一半电磁空间资源浪费，制约了多功能超材料器件的广泛应用。为此，本研究提出一种极具前景的宽带广角电磁波前调控策略，通过在电磁波相位、极化、波矢等多维度调控的耦合机制研究，实现超表面的逆反射与高透波集成设计。作为该方法的可行性验证，我们设计、加工并测试了一种三层级联超表面结构——其通过在介质基板双面刻蚀各向异性十字交叉结构，并嵌入正交金属栅格夹层构建而成。仿真与实验结果均与理论预测高度吻合。这种全空间超表面为多功能超表面设计开辟了新路径，并将进一步推动微波超材料工程化应用进程。

D01-07

超构表面逆向设计偏光器件

邓子岚
暨南大学

D01-08

磁性电磁波响应材料的微观机制

车仁超
复旦大学

D01-09

空间吸波材料应用进展

李处森

中国科学院金属研究所

D01-10**用合成复频率源补偿等离子材料中的损耗**

管福鑫*

香港浸会大学

受益于亚波长的特性，等离激元提供了一种超越传统光学衍射极限的手段，有效应用于超分辨成像，局部场增强和高灵敏度传感等。然而，等离子材料的损耗严重限制了亚波长信息的传递，从而影响其在实际应用中的效果。虽然增益材料在许多研究中被用来补偿等离子材料中的损耗，并取得了一些成果，但引入的不稳定性和噪声会影响实验的效果。在这里，我们通过将许多不同实频率的测量结果按照特定的洛伦兹线性叠加，从而获得带有虚拟增益的等效复频率激励源，来高效补偿等离子材料中的损耗，包括显著提升超透镜成像分辨率、等离激元信息传递和光学传感等应用的性能。此外，获得合成复频率激励源的方法也适用于弹性波、声波和水波等非电磁波体系中。

D01-11**杂化氮唑衍生多孔电磁材料：微纳结构与局域能量**

黄文欢

陕西科技大学

D01-12**复杂电磁环境下透波防护一体化超表面天线罩设计**

赵亚娟

中国电子科技集团公司第三十三研究所

D01-13**基于二氧化锰同素异构体连续性的梯度吸波材料：相变诱导的损耗-匹配协同优化策略**

宋潞璐*

安徽工业大学

相变调控是实现吸波材料性能优化的关键策略，核心在于利用不同相结构的本征电磁响应差异构建梯度复合材料。研究表明，材料的不同相结构会表现出显著的电磁响应特性差异。基于二氧化锰的实验表征与第一性原理计算，研究晶格畸变与极化损耗的构效关系，表明不同相结构中原子排列方式将导致晶格畸变差异，这种结构差异直接影响材料的极化损耗行为。在宏观性能上，不同相结构分别表现出损耗优势和阻抗匹配优势的特性。利用同素异构体之间良好的结构连续性，且通过温度场调控、前驱体浓度梯度控制以及异质原子掺杂等精确控制相变过程，可实现对吸波材料性能的定向调控，这为设计电磁参数梯度变化的复合材料提供了有利条件，从而助于解决吸波材料电磁损耗-阻抗匹配平衡问题，该研究为新一代智能吸波材料的开发提供了重要思路。

D01-14**Magnetic Composites for High Performance of Electromagnetic Wave Absorption**Jiang Guo^{*1}, Yukun Sun¹, Zhanhu Guo², Jianfeng Zhu¹

1. School of Materials Science and Engineering, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi, China

2. Department of Mechanical and Construction Engineering, Faculty of Engineering and Environment, Northumbria University, Newcastle upon Tyne, NE1 8ST, UK

Abstract: With the advent of high-power electronic devices like 5G base stations, communication satellites and military radar systems, electromagnetic (EM) radiation results in significantly environmental pollution, which would threaten human health, electronic device safety and the reliable operation of military equipment. In this

work, the hollow core-shell structured Fe_3O_4 @polypyrrole (HFO@PPy) and hollow Fe_3O_4 @carbon (H-FO@C), and hollow $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ (HFO/ $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$) composites were presented. The maximum reflection loss (RL) is -52.01 dB in the HFO@PPy composites. The RL and effective absorption bandwidth (EAB) of H-FO@C composites carbonized at 650 °C is improved to -51.85 dB and 5.36 GHz (thickness 2.1 mm), respectively. For the HFO/ $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ composites, the -57.17 dB is obtained at a frequency of 16.65 GHz (1.8 mm), and the EAB even reach 4.4 GHz. The excellent EM absorption performance is mainly due to the ideal impedance matching and synergistic effect of magnetic loss and dielectric loss caused by unique micro-structure. This work provides a new way for advancing electromagnetic wave absorption materials.

D01-15

仿生多尺度碳纳米管防腐蚀吸波材料

马林、马嵩*

中国科学院金属研究所

面对电磁装备在恶劣环境中的环境适应性和生存能力的挑战,一种多尺度装饰的三维分层仿生神经网络结构 Ni_3Fe @氮掺杂碳纳米管复合材料 (Ni_3Fe @NCNT@C) 的创新设计和构造可实现微波吸收和防腐蚀的集成。该材料表现出较强的吸波能力,最小反射损耗为-51.5 dB,最大有效吸收带宽为 6.4 GHz。这是由于三维分级仿生神经网络的优越互连导电通道和磁电匹配造成的。由于惰性 CNT 外壳提供的物理屏蔽,材料在腐蚀性介质中浸泡 30 天后,显示出超低腐蚀电流密度,约为 10^{-8} A/cm²。

D01-16

热控陶瓷的热辐射响应调控机理

王忠阳

上海交通大学

D01-17

电磁功能结构设计与增材制造技术研究

迟百宏

中国航天科技体系与创新研究院

D01-18

人工智能助力超材料快速设计

朱瑞超*、孙辉廷、张伟胜、王甲富

空军工程大学

AlphaGo 与人类顶尖围棋高手李世石的人机大战引发了人们对人工智能的广泛关注。机器学习作为人工智能的重要一环,在诸多学科中启发了许多创新性的设计思路。随着机器学习的快速发展,传统的超材料设计方面也受到了一些启发,并衍生出了许多智能化的设计思路。本文介绍了机器学习对超材料的快速设计方法。按照机器学习设计超材料的演化进程,分别从启发式算法、人工神经网络、深度学习网络以及物理启发式机器学习算法这几个方面对超材料的快速设计进行论述。最后我们展望了该领域未来的一些发展情况,希望对该领域未来的研究起到一定的启发意义。

D01-19

多维度光子结构设计及其光调控特性研究

董国艳

中国科学院大学

光子晶体结构因其独特的光子带隙 (PBG) 特性在光调控领域具有重要应用价值。本研究聚焦两类关键光子结构:一维 TiO_2/ZnO 多层膜和掺金反蛋白石光子晶体复合体系,探索其制备优化与协同增强机制。首先,采用皮秒脉冲激光沉积 (PLD) 技术结合共线子脉冲串加热,成功制备高质量 TiO_2/ZnO 多层膜,通过高温退火调控折射率差,拓宽光子带隙,并验证其在光催化降解和量子点荧光增强中的应用潜力。其次,针对金纳米颗粒 (Au NPs) 局域等离激元共振 (LSPR) 与荧光物质的猝灭问题,提出“填充法”构建多孔氧化硅反蛋白石结构,实现 Au NPs 的均匀分散与量子点有效隔离,使 CdSe 量子点发光强度提升 106 倍。进一步集成掺金反蛋白石 (IOPC) 与蛋白石光子晶体 (OPC),利用 PBG 与 LSPR 协同效应,将发光增

强倍数提升至 242 倍。本研究为高性能光子器件的设计提供了新思路，在环境治理、发光调制及集成光子学领域具有广阔应用前景。

D01-20

3d-4f 型陶瓷超材料的增材制造研究

曾新喜

北京科技大学

4D 打印使得人们能够制造出具有多种新功能的 3D 打印结构，这些功能能够对外部刺激做出响应，其中包括电磁特性，而目前对于电磁特性的研究还较为有限，例如铁氧体材料中的太赫兹共振，其在众多应用领域都具有巨大的发展潜力。然而，铁氧体材料相对较弱的物理特性，包括各向异性场以及有限的材料操作空间，给针对逐渐提高的太赫兹频率而设计的铁氧体材料的发展带来了重大挑战。因此，本文提出了一个通过 4D 打印超材料来打破铁氧体材料中太赫兹共振限制的平台。浆料的弹性模量和黏性模量对所施加的剪切应力都很敏感；随着这种应力的增加，这些模量会急剧下降好几个数量级，导致浆料转变为一种类似墨水液化的流体状态。电偶极子和磁偶极子之间的电磁耦合模式赋予了这些铁氧体超材料由于定向刺激而产生太赫兹共振的感应和切换功能。我们的研究为通过 4D 打印创造电磁特性及其控制提供了新的思路。

D01-21

海洋防护超材料一体化设计及其实验力学表征新方法

原媛

上海海事大学

现代船舶装备对轻量化与抗冲击性能需求不断提升，超材料为舰船防护结构设计提供了有效解决方案。本研究提出一种基于多尺度拓扑优化的舰船防护超材料设计方法，通过仿生结构与负泊松比特性的耦合设计，实现了低频宽带振动抑制与高能冲击波耗散的双重功能。针对传统表征手段的局限性，开发了融合数字图像相关 (DIC) 技术与原位 CT 扫描的实验力学表征新方法，突破了多场耦合条件下超材料动态损伤演化的高精度观测瓶颈。实验结果表明，所设计的梯度超材料在模拟水下爆炸载荷中展现出较传统装甲优异的比吸能率，同时通过声学超构表面设计实现了 10-1000Hz 频段噪声衰减。本研究为舰船多功能一体化防护系统提供了新的设计范式与验证工具。

D01-22

光热辐射调控超表面

李洋

浙江大学

D01-23

纳米多孔气凝胶与其他物质相互作用进展

杜艾

同济大学

气凝胶兼具独特的物理性质和成分的多样性，被认为一种新的物质状态。气凝胶具有纤细的纳米结构和极低的固体含量，但是在多个方面展现出独特的性能，其与其他物质的相互作用值得探讨。本摘要综述了课题组近年来在气凝胶与其他物质相互作用方面的研究成果：1) 在电磁波作用方面，发现了碳气凝胶的超黑现象和关键机制，在射频频段观察到电磁双负行为，并拓展了超黑材料在光热水蒸发等领域的应用；2) 在声波作用方面，构建气凝胶中不均匀结构的通用模型，半定量揭示了悬空链比例对密度-声速标度关系的关联影响，构筑声速最低达 62 m/s 的新型气凝胶声学材料，在吸声方面展现出应用前景；3) 在强激光-X 光转变方面，利用低密度、纳米尺度均匀性、多种特定成分或结构 (3D 打印等) 的气凝胶设计，实现激光的体加热和高效转化；4) 在超高速粒子作用方面，采用 km/s 级不规则高速粒子进行地面捕获实验，实现对复杂运动过程的反演，并发现新型径迹，还通过构建超薄梯度密度气凝胶作为高速飞片实现了等熵稀疏压缩。由于存在特殊的微结构和丰富的界面，气凝胶材料与物质的相互作用通常明显强于普通多孔泡沫或纳米材料，其作用机制的探索将加深学者们的理解，也将为设计高性能气凝胶打下基础。

D01-24

液体活检微球分离材料

宋永杨

中国科学院理化研究所

D01-25**基于拓扑波导阵列的光场调控与光子集成**

宋万鸽

南京大学

近年来，拓扑光子学的发展为光场调控提供了可选方案，并在光子集成中展现出应用潜力。本报告将介绍我们在拓扑光子学原理探索和器件应用方面的最新进展。基于硅和薄膜铌酸锂波导等光子集成平台，我们提出了片上光操控的新方法，例如超对称变换激发完美拓扑态、量子度规调控实现快速拓扑泵浦、合成维度中的外尔态调控，以及人工规范场调控波导色散等。此外，非厄米性的引入进一步提升了光场调控能力，如利用 PT 和非厄米序相变实现对零模、Floquet π 模、外尔态和趋肤态等的灵活调控。基于这些新颖的光操控机制，我们成功研发了多种鲁棒且紧凑的高性能光子集成元器件，如宽带波导耦合器、模式转换器、单向光传输和低串扰的高密度集成光路等，以期解决光子集成中大规模与密集集成的瓶颈问题。这些工作展示了拓扑物理在光子集成芯片中的潜力，有力推进了拓扑光学领域的前沿物理探索及应用开发。

D01-26**超材料减反膜设计调控与同位素热光伏系统应用研究**

许志恒

南京航空航天大学

D01-27**透光光伏薄膜中的光-热-电多效耦合调控与利用技术研究**

陆阳华

浙江大学

针对窗户等透明围护结构，第三代薄膜太阳能电池特别是有机太阳能电池和钙钛矿太阳能电池是下一代半透明太阳能电池最有前途的技术，其工作原理是捕获不可见的紫外线或红外线光谱中的光，同时允许可见光谱中的光通过。相比传统的太阳能电池材料比如硅、砷化镓等，虽然有机太阳能电池的效率略低，但其具备无毒、质轻、价低、透明度较高、可兼容大面积印刷等优点；而钙钛矿更是具有带隙可调、发电效率高等优势。因此在高透明度应用领域如建筑透明围护结构中，有机太阳能电池、钙钛矿太阳能电池等透光光伏薄膜具有巨大的潜力。透光太阳能电池在透过适量的可见光以满足视觉需求的同时，尽量吸收人类无法感知的紫外和近红外光，并转化为电能。以有机太阳能电池为例，活性层材料根据其吸收光谱特性可分为宽带隙(WBG)与窄带隙(NBG)体系。WBG 给体材料如 PM6 在 600 nm 附近具有强吸收峰，而 NBG 给体材料如 PCE10 的吸收峰在 700 nm 附近，结合 Y6 为代表的 NBG 非富勒烯受体实现优异近红外吸收特性。根据人眼明视觉函数曲线，人眼最敏感的光波长为 550 nm (绿光)，因此通过调整活性层给受体材料，则可以获得高平均可见光透射率 AVT 和高光电转换效率 PCE。针对有机太阳能电池和钙钛矿太阳能电池，通过材料选择性设计可以实现光谱选择性，最大化透过不同波段的可见光或近红外光等，以满足不同的建筑应用场景，为建筑透光围护结构及光-热-电协同调控提供了新方案。结合电致变色 EC、热致变色 TC 等动态光热调控技术，可以实现光电转换与光热调控的光-热-电多效耦合，提高太阳能综合利用效率的基础上拓展其应用场景，满足不同气候、季节和地区的建筑光伏光热一体化动态需求。

D01-28**强局域平带连续域束缚态以及光与物质相互作用增强**

王卓

华南师范大学

D01-29**基于有源声学超材料实现非互易传播**

温辛花

华南理工大学

操纵非互易波传播在非互易通信和传感方面具有重要的应用。在该报告中，我将探讨如何打破互易性约束，利用声学非互易 Willis 耦合实现非互易波传播。通过利用能够独立控制所有本构参数的有源声学超材料原子，我们实现了声学双各向异性耦合，也称为 Willis 耦合。基于非互易的 Willis 耦合，我们设计了一个放大声学二极管和一个非互易场变换声学超表面，实现了非互易声波控制。

D01-30

介电近零材料的制备与低宽频性能调控

祁晋玖

上海海事大学

介电常数是材料的基本物理性能参数，通常用来表征材料保持电荷的能力。介电近零 (ENZ) 材料作为超材料的重要分支，因其独特的电磁响应（如，超大波长、准静态和隧穿现象），能够有效调控电磁波的幅度、相位、极化和频谱等特性，从而实现了对电磁波的精确控制。大多数介电近零材料在下一代电子设备中具有潜在应用，可以在可见光、微波和红外波段实现。材料的介电近零响应可以通过外加电场下的介电谐振或者等离子振荡获得，并结合 Drude、Lorentz 等模型研究了等离子与谐振两类介电近零响应对材料性能的影响，探明了介电近零材料的共振机理。基于介电谐振产生的介电近零行为存在频率范围窄、可调谐性差、损耗相对较低等特点，基于等离子振荡产生的介电近零行为具有频率范围宽、可调谐性好、高损耗等特点。在以往报道中，上述两种介电常数行为更倾向于单独研究，大多是关于选择不同的导电填料和不同的绝缘基体制备介电近零材料，且关于介电机理的研究也多停留在等离子振荡上，忽略了等离子振荡和介电谐振的协同效应。在协同作用下，介电常数具有更好的可调谐性，有望实现较宽的频率范围以及介电近零特性。

D01-31

黑色素功能材料

陈鹏、李乙文*

四川大学

轻质、高性能的电磁屏蔽材料对保护和检测至关重要，这在很大程度上依赖于电磁响应结构的精确设计。传统的屏蔽材料通常依赖共轭复合材料或有机材料石墨化的复杂工艺，面临着平衡其性能和可加工性的挑战。因此，寻求具有优越加工性能的本征共轭材料至关重要。天然黑色素是自然界广泛存在的能量耗散物质，是天然大分子材料的代表，其对电离辐射到红外光都有着普遍吸收，通过对其有序网络重建，我们首次将黑色素材料吸收频段拓展至微波频段，并提出了“ π - π 共轭骨架”的阻抗适配微波耗散结构，黑色素展现了优异的本征微波吸收性能，最大反射损耗为 -68.87dB，有效吸收带宽为 5.25GHz。在 x 波段，气凝胶达到了 47909.9 dB cm²/g 的绝对 EMI 屏蔽效能值，是迄今为止报道的有机碳材料中最高的。此外，具有 π - π 共轭骨架的黑色素基材料由于超分子的动态响应特性，展现了动态可调谐性的电磁性能。通过对黑色素的结构调控，我们实现了对有机大分子的有序化构建，所构建的“ π - π 共轭骨架”可以有效拓展到其他复杂大分子体系，有望提供微波吸收材料设计的新思路。

D01-32

辐射制冷超疏水多功能涂层材料

薛朝华¹、柳冰莹¹、王慧迪¹、黄梦晨²、马超群³

1. 陕西科技大学轻工科学与工程学院
2. 西南科技大学制造科学与工程学院
3. 西安工程大学纺织科学与工程学院

在能源高度消耗的当今世界，零能耗且无污染的辐射制冷技术被视为替代传统电制冷的最可行方案之一。然而，辐射制冷材料在炎热天气下凭借高太阳反射率和强热红外发射率实现节能，却会在寒冷天气下导致不必要的过度降温。此外，由于灰尘污染、雨水浸泡和细菌滋生等问题，这些材料在户外长期应用时，其表面的光学性能会变差，从而降低其制冷功能，制约了该材料在实际应用中的持续有效性。为了满足全年热管理以及长期实际应用的需求，我们团队提出对辐射制冷材料进行超疏水化，并进一步地设计出了温度自适应超疏水辐射制冷涂层和多功能辐射制冷涂层，以实现夏季制冷、冬季制热，并可利用其超疏水自清洁作用对材料表面的光学性能进行长效保护。在本次报告中，我们将分享团队近五年来关于辐射制冷材

料通用设计策略、可扩展的制备技术及其多种功能化的研究。这些研究旨在实现防止表面污染、抑制过度制冷、拓展应用场景，以期为大规模制造智能调温涂层开辟新的途径。

D01-33

选择性趋肤效应的声学观测

彭玉桂、刘云开、祝雪丰

华中科技大学

非厄米效应的探索对于推进基础物理学的理论理解和实际应用至关重要。其与其他物理机制相结合时，可以灵活而有趣地操纵能量的传输。在此工作中，我们构建了具有纯实特征值的非厄米哈密顿量，并通过合理配置的结构参数，实验证明了由趋肤效应和二聚化效应相互协同引起的选择性趋肤效应的存在。该研究结果丰富了非厄米效应研究的视角，拓展了波操纵的途径，而且在能量收集、传感等方面具有重要的潜在应用。

D01-34

碳基气凝胶的高效水蒸发构建

卢贾璐

同济大学

提高单位面积水蒸发效率一直是太阳能界面蒸发领域的核心挑战。传统研究主要聚焦于增强材料的光热转换性能、降低热损失以及改善水分输运路径。然而，我们的研究发现：在光热性能已高度优化的背景下，结构设计本身对蒸发器整体性能的提升具有决定性作用。为探究结构调控机制，我们首先通过 3D 打印技术对碳基气凝胶材料进行了系统化的结构与调控。实验表明，尽管光热转换效率维持不变，合理的结构改造可显著提升水蒸发速率，说明气凝胶的结构构型在水管理和热管理中发挥着协同作用。

基于这一认识，我们进一步设计并构建了一种具有分层多孔结构的三相界面气凝胶蒸发器。该蒸发器通过精细调控孔径梯度和多级通道，实现水分在孔道内部的空间限域与分布调控，使蒸发界面长期维持在固-液-气三相共存状态。多相协同结构不仅显著提高了蒸发表面有效面积，增强了光热局域化能力，同时也有效抑制了非相变区域的热扩散，提高能量利用效率。值得强调的是，气相通道的引入在微观层面上引导形成超薄水膜，并在重力、毛细力与马拉高尼流的耦合作用下驱动膜内水体的动态循环流动。该水膜机制不仅增强了水体再分布，还实现了高浓度表层盐分向低浓度区域的持续迁移，有效防止了盐分在蒸发界面的积聚和结晶。系统在标准太阳光照条件下实现了高达 $3.67 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 的海水蒸发速率，并在连续超过 50 小时的蒸发过程中保持无盐析出，展现出极佳的蒸发效率和长期盐阻抗能力。

本研究不仅揭示了气凝胶结构设计在调控水热行为中的关键作用，也为新一代高效、耐盐太阳能蒸发器的开发提供了新的设计范式和理论支撑。

D01-35

光谱选择性阻隔材料的合成与应用研究

蒋腾耀

浙江大学

透明围护结构（如建筑外窗）是建筑能耗调控的关键薄弱环节，其热工性能缺陷主要是由于玻璃材料的高导热系数导致围护结构整体 U 值显著高于墙体结构，同时未受调控的太阳得热系数（SHGC）导致夏季过量太阳辐射热增量，显著增加空调制冷负荷。智能调光材料虽可通过动态响应机制调节 SHGC，但无法改善玻璃本体的高导热缺陷；而双层/多层玻璃虽通过空气夹层提升热阻，却导致窗体重量和厚度增加，间接提升建筑结构荷载与施工能耗。本研究提出基于透明气凝胶薄膜的复合窗系统解决方案。通过超声均质分段合成策略，精确调控气凝胶材料长径比与尺寸分布，合成了兼具高透光率与超低导热系数的功能性薄膜。与传统双层窗相比，在单层玻璃上应用薄膜可以提供更好的隔热性能的同时保持相当水平的可见光透射率，可直接集成于既有窗体改造。同时重量降低 50%，显著缓解结构承重压力。建筑能耗模拟表明，相较于单层玻璃窗，该气凝胶复合窗系统可使全年暖通能耗降低 40%。

D01-36

$\text{W}_x\text{V}_{1-x}\text{O}_2$ 相变材料基纳米腔结构的可见兼容自适应热伪装

伍作徐¹、张倩²、曹峰²

1. 湖北师范大学

2. 哈尔滨工业大学(深圳)

伪装技术是现代军事设施防护中的重要手段,其目的是通过降低目标物体和背景之间的信号差异来降低被探测的可能性。随着探测技术的快速发展,迫切需要多波段兼容的伪装技术以提升军事设施的安全性。然而,优异的多波段兼容伪装技术对多光谱协同响应和热辐射动态调控提出了重大挑战,尤其是可见和红外热辐射波段。为此,通过精准的光谱设计,调整目标物体的表面颜色使其与周围环境相融合,并使目标物体的辐射温度与周围环境相匹配,是实现多波段兼容伪装的关键。本研究通过结合 $W_xV_{1-x}O_2$ 热致相变材料和纳米腔结构,设计了一种兼容可见波段伪装的自适应热辐射多波段伪装技术。基于 $W_xV_{1-x}O_2$ 的纳米腔结构由于其可切换选择性辐射特性,实现了目标物体宽温度范围内(30-70°C)自适应热辐射响应,在红外探测波段内具有与灌木丛环境兼容的热辐射特性($\sim 100 \text{ W m}^{-2}$)。利用纳米腔共振的动态耦合,在长波红外波段实现了样品与周围辐射温度对比度小($< 7\%$)的优异热伪装。此外,基于薄膜干涉所设计的多彩表面可在多种环境中展现出优异的可见兼容伪装。本研究基于 $W_xV_{1-x}O_2$ 的纳米腔结构为温度变化的目标物体实现可见兼容的自适应热伪装提供了一种可行性策略。

D01-37**基于负介特性银纤维复合材料的超构电容**

王宗祥

上海海事大学

本研究提出一种基于银纤维设计逾渗构型,获得负介材料的研究思路,采用层压工艺制备出正负正超构叠层电容,研究了负介层对超构电容介电常数、损耗和储能性能的提升作用,揭示了一种新型高性能脉冲电容的设计新原理。

D01-38**多尺度电磁协同设计制备宽频宽温域 SiCf/SiBCN 基超材料**

黄博、叶昉、范晓孟

西北工业大学

室高温协同的宽温域电磁波吸收材料具有广阔的应用前景,本文基于多尺度结构设计,将 SiCf/SiBCN 复合材料与超结构结合制备了宽频宽温域电磁波吸收超材料。首先,系统研究了 SiCf/SiBCN 复合材料的微观结构、电磁参数和室高温电磁波吸收性能。优化超结构的几何参数后, SiCf/SiBCN 基超材料表现出了优异的宽频、宽温域和角度不敏感特性:室温时,有效吸收带宽为 34.8 GHz (5.2~40 GHz, 覆盖测试频段的 96.7%),且在横向电极化条件下,对 $5^\circ \sim 40^\circ$ 的斜入电磁波保持稳定吸收; $100^\circ\text{C} \sim 1100^\circ\text{C}$ 温度范围内,有效吸收带宽保持 12.5 GHz (5.5~18 GHz, 覆盖测试频段的 89%)。优异的宽频宽温域和角度不敏感特性源于 SiCf/SiBCN 复合材料的强电磁衰减和多尺度设计产生的梯度阻抗、多重衍射和边缘散射效应。本研究为制备宽频、宽温域和角度不敏感的高性能电磁波吸收材料提供设计思路。

D01-39**3D 悬浮打印抗菌耳塞在水上运动中的应用研究**

钱欣然

同济大学

针对游泳等众多水上运动中潜藏的耳部健康隐患提出悬浮 3D 打印技术,设计并探索复合材料特性,制备依据耳廓形状个性化定制的抗菌游泳耳塞。基于耳塞的抗菌性、防水性和个性化定制需求,我们选取了聚二甲基硅氧烷(PDMS)和纳米银(nano-Ag)作为制备原料。PDMS-Ag 复合材料制备出的打印墨水具有优异的流变特性,打印出的成品耳塞机械耐久性良好,满足反复摘取的需求,抗菌率达 98% 以上,阻挡水(R-a 角: 95.64°)的同时还能传递声音(600-1000Hz),提高游泳运动的安全性和健康性。在进一步的实际应用中,初学者使用该耳塞还能够减轻他们在进行水上活动时的水体不适感和焦虑感,对他们产生积极的心理影响,帮助他们更好的适应和参与水上运动。这项研究展示了悬浮 3D 打印技术在功能性游泳配件方面的可行性和优势,为解决水上活动中的耳部健康问题和定制化运动装备的设计提供了新思路。

D01-40

不同工艺制造的海底管钢的变形不均匀性及其对力学性能影响的数值研究

马英龙

上海海事大学

海上应用中的大口径管材主要通过两种冷成型制造工艺生产，即 UOE 或 JCOE 工艺。海上管道设计厚度的增加加剧了制造过程中整个厚度的变形不均匀性，这严重影响了管道的最终性能。本文通过数值模拟定量研究了海工厚壁管道在不同制造过程中各厚度层的变形行为和力学性能变化。采用运动学硬化模型来描述厚壁板中的 Bauschinger 效应。结果表明，在 UOE 过程中，沿管道厚度方向的周向塑性变形存在明显的区域化，在 JCOE 过程中出现均匀的正弦波动。UOE 管道比 JCOE 管道表现出更均匀的残余应力。这一特性增强了几何完整性，并提高了管道的抗塌陷性。然而，UOE 管的圆周屈服应力在每个厚度层上表现出三个脆弱点，这影响了其寿命。JCOE 工艺每层的屈服应力高于初始板的屈服应力，最终强度沿圆周分布更均匀。这项工作对于选择和控制在高强度、高应变海上管道的制造至关重要。

D01-41

不同衬底氧化镓功率器件的稳态及瞬态热特性模拟研究

汤雪聪

上海海事大学

超宽禁带 β -氧化镓 (β -Ga₂O₃) 半导体因其高击穿场强、高巴利加优值 (Baliga's figure of merit, BFOM) 及低成本大尺寸单晶衬底制备优势，在高功率电子器件领域极具应用潜力。然而， β -Ga₂O₃ 的低热导率导致器件自热效应显著，尤其在高频高功率工况下，热积累会引起界面退化与栅极失效，严重制约器件性能与可靠性。目前，该研究主要集中于材料选择与封装设计优化，而对器件内部结构的热特性研究仍显不足。因此， β -Ga₂O₃ 功率器件的热特性研究对优化热管理策略及提升可靠性至关重要。

本文基于有限元分析建立 β -Ga₂O₃ 功率器件的三维稳态和瞬态热模型，研究了稳态下不同衬底 (Si、SiC、BN 和金刚石)、Ga₂O₃ (1.4-50 mm) 和衬底厚度 (50-300 mm)、功率密度 (1-10 W) 对 β -Ga₂O₃ 功率器件的最大结温及温度分布影响，同时探究了高频高功率 (125 kHz、20 W) 工作模式下，单脉冲参数 (开关时间 0.5 ms-1.5 ms、占空比 25%-90%) 和多脉冲下 Ga₂O₃ 功率器件的热特性。研究结果表明，在稳态情况下，四种不同衬底的 β -Ga₂O₃ 功率器件在几微秒内达到最大温度，表现在器件中心近结位置；器件内部纵向温度分布以近结为“热源”，呈扩散降低状态。最大结温均随 Ga₂O₃ 厚度的增加而显著升高，而低功率下衬底厚度变化对结温影响较小。器件的最大结温随功率密度的增加呈现非线性上升趋势 (先缓慢后急剧)，且衬底热导率越低，温升效应越显著。在高频高功率单脉冲情况下，开关时间从 0.5 ms 增加到 1.5 ms 时，不同衬底器件的最大结温均逐渐降低，且下降幅度变大；衬底的导热系数越大，最大结温越低，下降幅度也越小。随着占空比的增加，器件的最大温度逐渐升高，升高幅度逐渐降低且热累积效应越显著。多脉冲情况下，器件在不同衬底达到稳定温度分布的时间和最大温度均不同，如金刚石、BN、SiC 衬底分别需要 4-5、14-15 和 18-19 个周期达到稳定，最大温度分别为 480，513 和 566 K；而 Si 衬底在设置周期内 (20 个) 未能达到稳定状态。这是主要归因于高热导率的衬底可以有效散热且避免热累积。

D01-42

MXene 的精准制备及太赫兹波与 MXene 相互作用机制与应用

肖旭

电子科技大学

D01-43

奇异等离子激元超表面的线性与非线性响应

杨帆

四川大学

金属等离子激元体系在光激发下会产生表面等离子激元，展现出独特的光与物质相互作用特性。由于金属结构能够将光场局域在亚波长尺度，这类体系通常伴随着显著的场增强效应。近年来，研究者提出了一种新型的奇异等离子激元结构，这类结构具有金属尖端或极小间隙的特征尺寸，能够进一步压缩等离子激元模式，实现更小的模式体积和更强的场增强。基于这一特性，我们采用奇异等离子激元结构作为基本单元，构建了新型等离子激元超表面。

奇异等离子体结构的数值模拟面临巨大挑战,传统的时域有限差分或有限元方法在处理这类结构时甚至会出现计算发散的问题。为此,我们创新性地引入变换光学方法,通过空间映射将复杂的奇异超表面结构转换为简单的平板结构,从而实现了该体系的解析求解。在变换后的虚拟空间中,我们可以便捷地计算结构的模式色散、吸收特性以及模式对称性等关键参数。由于该超表面的基本单元是亚波长奇异纳米结构,我们进一步建立了等效表面电导和表面磁导模型,发现这些等效参数完全由超表面的结构特征决定。

在非线性光学响应研究方面,我们发现相比于普通金属表面,基于奇异等离子体结构的超表面能够将非线性效率增强数个数量级。这种显著的增强效应源于超表面中密集分布的金属奇异点所产生的大幅电场增强。我们系统研究了两种典型结构:具有金属尖端的凹槽型超表面和纳米颗粒镜面体系,揭示了奇异点非线性响应中的决定性作用。通过变换光学方法,我们不仅解析求解了这些体系的非线性响应,更深入阐释了其中的物理机制,为高性能非线性等离子体超表面的设计提供了重要理论指导。

D01-44

基于变换光学的微腔光场调控研究

陈锦辉

厦门大学

高品质因子的回音壁微腔可以在时空维度实现对光场的强局域限制,已经成为研究微纳尺度下光与物质相互作用的重要平台。回音壁光学微腔在基础物理和应用光学等领域取得了许多重要进展,包括腔量子电动力学、混沌动力学、非线性光学、非厄米光学、低阈值激光和传感等。本报告主要介绍基于变换光学的微腔光场调控研究进展:1)“光学黑洞”微腔,具有渐变折射率分布的微腔外部结构,理论上可以完美抑制经典辐射损耗,并在微波波段初步进行实验验证;进一步地,理论上讨论一类高阶“光学黑洞”微腔的本征模式以及存在反常外部共振模式的物理机制;2)对称性破缺微腔曲面光场,基于变换光学理论和实验系统地研究球面光场本征模式,揭示了微腔旋转对称性破缺诱导的自聚焦回音壁模式,以及模式偶然简并产生的具有类塔尔伯特的干涉光场分布,进一步地探讨了这类反常模式在轨道角动量光束发射等方面的应用。

D01-45

非厄米双曲超构材料及其应用

郭志伟

同济大学

D01-46

高品质因子共振超表面及其应用

周朝彪

贵州民族大学

高品质因子共振腔能够极大地促进纳米尺度下光和物质的相互作用,提高微纳米光电器件的性能。比如,降低纳米腔激光器的阈值、增大非线性器件的转换效率、提高光学传感器的灵敏度等。本次报告,将介绍我们基于光学连续域中束缚态模式,在全介质人工微结构体系中超高品质因子的实现、调控及其应用。

D01-47

力-热耦合拉胀超材料性能提升与调控

朱一林

西南石油大学

21世纪以来,环境与能源问题日益突出,节能减排成为全球关注的核心议题。结构轻量化与功能集成化日益成为高端装备制造与基础设施建设的发展方向。高性能轻质多孔材料的设计是实现工程结构轻量化与多功能一体化的关键,对我国重大工程领域的可持续发展具有重要意义。作为代表性材料,拉胀超材料因具备负泊松比效应,展现出优异的能量吸收、抗冲击性能、抗疲劳性能和结构可设计性,已成为国际研究热点。尽管国内外在该领域取得诸多进展,但仍存在拉胀机理不清、力学性能与结构功能难以协同、多场耦合行为研究薄弱、结构形态与适配能力不足、制造成本高、可重构能力差、疲劳寿命缺乏评估模型等瓶颈问题。本文聚焦力-热耦合下拉胀超材料的性能调控,旨在打破现有技术壁垒,丰富其多场响应机理,实现材料-结构-性能一体化设计,推动其在复杂服役环境下的工程应用,提升先进材料自主设计能力,进

而服务国家重大工程需求。

D01-48

基于导波驱动的全息超表面相控阵天线技术

管春生

空军工程大学

随着无线通信技术的快速发展,对天线这一核心器件的性能提出了新的要求。在 5G/6G 通信系统和低轨道卫星系统中,天线应具备低剖面、低成本、易于集成以及波束扫描等特性。导波驱动超表面,作为一种基于全息调制理论设计的全新架构的超表面,可以视作一种串联馈电阵列。与辐射型超表面采用的并联功率分配网络相比,导波驱动超表面具有更加简化的馈电网络和更低的传输损耗。本研究将在可重构单元设计、阵列设计以及波束调制理论三个方面对导波驱动超表面展开深入研究,旨在突破现有技术瓶颈,提高导波驱动超表面的波束合成质量,为其作为有源相控阵在通信系统中的替代解决方案奠定基础。

D01-49

热扩散系统中的宇称-时间对称和反宇称-时间对称

曹培超¹、祝雪丰²、李鹰*³

1. 杭州市北京航空航天大学国际创新研究院
2. 华中科技大学
3. 浙江大学

The concepts of parity-time (PT) symmetry and its conjugate, anti-PT (APT) symmetry, have led to opportunities for studying new and captivating wave dynamics. Incorporating non-Hermitian potentials, such as fine tailored gain/loss doping profiles and dissipative coupling, allows the establishment and observation of PT and APT symmetries in wave propagation. In stark contrast to wave systems, macroscopic heat transfer follows Fourier's law and possesses inherent non-Hermitian characteristics due to its dissipative nature. This makes heat transfer an advantageous system for exploring non-Hermitian physics, as it allows direct manipulation of non-Hermitian potentials through diffusivity modulation. In 2019, Li et al. proposed a method for achieving APT symmetry in heat transfer (*Science*, 364, 170 (2019)), this was realized by introducing wave-like fluctuations driven by opposite convections in two counter-rotating rings, the temperature profiles show dynamic localization with a static phase lag before the EP. Recently, Cao et al. proposed a mechanism of real coupling in heat transfer and resolved the nontrivial puzzle of diffusive PT symmetry (*Sci Adv*, 10, eadn1746 (2024)), the phase oscillation induced by real coupling was sufficiently suppressed in both the PT symmetry and PT symmetry broken regimes. The exploration of PT and APT symmetries in heat transfer offers promising opportunities for precise thermal management based on symmetry considerations. Heat transfer serves as a natural platform to explore non-Hermitian physics and wave-like phenomena in diffusive systems. We anticipate that innovative thermal phase regulation based on diffusive PT symmetry will inspire the development of novel functional thermo-devices, such as precise sensors and robust thermal collectors.

D01-50

光致变色钙钛矿材料的视觉感知学习

吕飞

上海理工大学

近年来,随着人工智能和神经形态计算的快速发展,模拟生物神经系统信息处理机制的新型器件受到广泛关注。人工智能领域在模拟生物视觉信息处理机制方面取得了显著进展,生物视觉神经系统具有高效的环境信息识别与整合能力,对生物体的多种功能至关重要。视觉感知是人类与环境交互的核心途径,通过视觉感知我们能够理解周围环境的多样信息,应对日常生活的复杂情景。近年来,模拟生物视觉的人工视觉感知系统引起了研究人员的关注。

其中,人工突触作为神经形态系统的核心组件,能够模拟生物突触的可塑性,实现类脑的信息存储与处理。传统电学突触器件虽然取得了一定进展,但仍面临功耗高、串扰大等挑战。相比之下,全光人工突触利用光子作为信息载体,具有超快响应、低功耗、高带宽和抗电磁干扰等优势,为构建高效、可扩展的

神经形态计算系统提供了新的可能。现有的光电突触器件依赖电学信号转换和接触式测量，不仅增加了系统能耗，也制约了无线光通信技术的应用。因此，开发基于全光学调控的非接触式神经形态视觉感知技术具有重要意义。新型全光突触器件能够实现低功耗远程信息感知，为智能感知系统提供了低能耗运算、远距离调控和高速信号传输等优势。这一技术的进步将推动自动驾驶、智能机器人和人机交互等前沿应用的发展。

本文制备了基于光致变色钙钛矿材料 $\text{MAPbI}_{1.5}\text{Br}_{1.5}$ 的全光人工突触。基于钙钛矿的光突触则能同时响应光强和波长变化，实现感知与融合。紫外-可见光脉冲可诱导该材料发生结构无序化。在光脉冲终止后，这种无序态会引发持续的光学透过率调制效应；该全光突触能在不同波长下表现出不同的光响应，其中在吸收峰值 472 nm 时光响应最强。该突触在不同功率下也能表现出不同的光响应，其中功率密度越大，光响应越强。在同一功率和不同时间的激光刺激下，光响应表现为随着时间的增加而增强，由此实现短期记忆向长期记忆的转变。使用 365nm 的激光在功率为 383mW 进行照射，照射过程中光响应会增强，照射 60s 后停止照射，光响应会衰减，再次进行照射，照射 31s 就可以恢复到衰减前的光响应强度，实现了人脑学习行为的模拟。具有学习性，将它放在人工神经网络中对 0-9 这十个数字进行视觉感知学习，在经过多次学习之后感知学习的识别准确率可达到 90% 以上。

D01-51

双层双连续相超复合材料构筑及负介电响应调控

杨秋云

贵州大学

D01-52

Physics-informed deep learning enables on-demand design of high-temperature compatible visible–infrared camouflage materials

马文壮

电子科技大学

D01-53

MXene-Based Flexible Infrared Camouflage Materials

慎戈斐

电子科技大学

D01-54

具有吸声隔声等多功能一体化的复合型气凝胶

蒋子愈

同济大学

近年来，由于具有高度的多孔性和高比表面积，气凝胶材料被视为非常有潜力的吸声材料。本研究以三甲氧基硅烷（MTMS）和二甲基二甲氧基硅烷（DMDMS）为前驱体，在三聚氰胺泡沫（MF）的模板上利用简单挤压、常压干燥等方法制备了具有良好吸声性能以及隔热性能的复合型气凝胶。由于该复合气凝胶的梯度密度结构的特点，即前端低密度大孔，后端高密度小孔，使得该复合气凝胶能够更好的让声波进入内部结构而不是产生反射，从而大大增强材料的吸声性能。同时，由气凝胶本身的微观结构特性，该材料具有良好的隔热性能。此外，多孔的 MF 作为模板不仅提高了复合气凝胶的吸声性能，也增强了其力学性能。

为了实现多功能一体化的复合气凝胶材料的制备，本研究以该复合气凝胶为模板添加其他的成分，实现诸如隔声、吸波等功能的获取。当声波穿过材料时，阻尼作用会减少声波的振幅，将声能转化为热能，从而降低声强，减少噪音和回响。因此，高阻尼材料非常适合用于隔音、降噪和减振。聚二甲氧基硅烷（PDMS）作为一种粘弹性聚合物材料，其阻尼性能优于刚性材料，因此在吸收声能方面表现更佳。本研究以复合气凝胶为模板，在后表面（即密度较大的一面）涂上一层 PDMS 以解决原材料隔声性能效果不佳的问题。

此外，羰基铁粉（CIP）是一类微/纳米尺度金属粉末材料，广泛应用于粉末冶金、电子元件及可控药物释放等领域。由于制备简单、价格低廉的特性，CIP 及其衍生物被认为是解决电磁污染问题的最佳材料。CIP 具有相对较强的磁导率，这使得这种材料在较薄的吸收层下也具有较高的电磁波吸收性能。为了实现

复合气凝胶同时具有吸声吸波的功能, 利用 PDMS 作为粘合剂, 将片状羰基铁粉 (FCIP) 简单黏着在复合气凝胶上。实验表明, 由于 FCIP 的高密度、高磁导率的特性, 实现了复合气凝胶在具备了吸声性能的同时, 也具备了良好的吸波性能。

气凝胶作为一种优秀的多孔隔热材料, 同时也有许多缺点, 例如力学性能差, 某些功能的缺失等等。本研究的核心价值在于保留了气凝胶原先的各项优秀特性的同时, 实现了其他功能的增强与添加, 为今后的多功能气凝胶的研究与开发奠定了坚实基础。

D01-55

PVDF/BaTiO₃ 复合薄膜的制备及电学性能

干卓裕

上海海事大学

D01-56

复合吸波蜂窝宽带宽角阻抗匹配结构设计

潘亭妍^{1,2,3}、陈海燕*^{1,2,3}、姚鑫^{1,2,3}、陈芳^{1,2,3}、张浩杰^{1,2,3}

1. 电子科技大学电子科学与工程学院
2. 国家电磁辐射控制材料工程技术研究中心
3. 多频谱吸波材料与结构教育部重点实验室

吸波蜂窝在实际应用中加载传统保护蒙皮时, 由于界面介电常数在蒙皮加载前后的显著变化, 常会引发阻抗失配问题, 尤其在高频段或斜入射条件下, 吸波效果显著恶化。本文围绕宽带宽角吸波目标, 对吸波蜂窝和蒙皮进行了复合设计, 以优化吸波体的吸波带宽和角度稳定性。所设计的吸波蜂窝采用双层梯度结构, 顶层蒙皮采用金字塔式构型, 有效改善阻抗匹配并提升了高频吸波效果。通过在表面嵌入 PMI 材料, 以实现结构平整化。为了进一步拓宽带宽, 将整体式金字塔结构沿高度方向分层并在界面处加载电阻膜, 电阻梯度分布有效提升宽频带吸收性能。利用传输线理论结合等效参数提取分析了宽带宽角吸波机理。仿真结果表明, 该结构在 0°~60° 的入射范围内, 对于横电 (transverse electric, TE) 极化波, 实现 90% 吸收的带宽为 3.11 GHz~18 GHz (相对带宽为 141.1%), 对于横磁 (transverse magnetic, TM) 极化波则为 2.27~18 GHz (相对带宽为 155.2%), 相对厚度为 0.23λ_L (λ_L 为 3.11 GHz 处的波长)。

D01-57

基于原位生长石墨烯超纳界面的结构-功能一体化超宽频吸波复合材料

曹雨宸

西北工业大学

覆盖低频范围 (2-6 GHz) 的超宽频微波吸收材料在民用和军用领域非常受欢迎。在此, 我们报道了一种基于原位生长石墨烯超纳界面 (GrMI) 的结构-功能一体化超宽频 SiO₂ 纤维增强氰酸酯吸波复合材料 (SiO₂/GrMI/CE)。通过实验和仿真讨论了石墨烯纳米界面的周期性结构与吸波性能之间的关系。结果表明, 厚度为 8.78 mm 的 SiO₂/GrMI/CE 的有效吸收带宽为 15.46 GHz (2.54-18 GHz)。值得注意的是, 当入射角从 5° 增加到 50° 时, 反射损耗基本保持不变。此外, GrMI 是一种有效的承载单元, SiO₂ 和 CE 之间的界面剪切强度增加了~210%, 有助于实现具有超高弯曲强度 (552.7 MPa) 的复合材料。优异的结构-功能一体性确保了 SiO₂/GrMI/CE 适合用作微波隐形飞机和其他民用设施的蒙皮材料。我们的工作为设计更薄、更宽、更轻、更强的吸波组件提供了一条新的途径。

D01-58

黑色素基微波吸收材料

陈鹏

四川大学

轻质、高性能的电磁屏蔽材料对保护和检测至关重要, 这在很大程度上依赖于电磁响应结构的精确设计。传统的屏蔽材料通常依赖共轭复合材料或有机材料石墨化的复杂工艺, 面临着平衡其性能和可加工性的挑战。因此, 寻求具有优越加工性能的本征共轭材料至关重要。天然黑色素是自然界广泛存在的能量耗散物质, 是天然大分子材料的代表, 其对电离辐射到红外光都有着普遍吸收, 通过对其有序网络重建, 我们首次将黑色素材料吸收频段拓展至微波频段, 并提出了“π-π 共轭骨架”的阻抗适配微波耗散结构, 黑色

素展现了优异的本征微波吸收性能，最大反射损耗为-68.87dB，有效吸收带宽为 5.25GHz。在 x 波段，气凝胶达到了 47909.9 dB cm²/g 的绝对 EMI 屏蔽效能值，是迄今为止报道的有机碳材料中最高的。此外，具有 π - π 共轭骨架的黑色素基材料由于超分子的动态响应特性，展现了动态可调谐性的电磁性能。通过对黑色素的结构调控，我们实现了对有机大分子的有序化构建，所构建的“ π - π 共轭骨架”可以有效拓展到其他复杂大分子体系，有望提供微波吸收材料设计的新思路。

D01-59**Fe₃O₄ 基多功能涂层的隐身防腐性能**

赵敏慧

上海海事大学

墙报**D01-P01****三元金属复合材料中的多级异质界面调谐负介电和 ϵ' -近零响应**

朱宪策

贵州大学

D01-P02**用于 1473 K 温度下热光伏系统的高效选择性平面辐射器**

章守昊

哈尔滨工业大学（深圳）

D01-P03**内凹负泊松比超材料疲劳力学性能实验研究**

吴文旺

苏州国家实验室

D01-P04**基于 Cu/CaCu₃Ti₄O₁₂ 超复合材料的宽频弱负介电响应调控机制阐释研究**

卯静

贵州大学

D01-P05**通过快速浸渍提拉简易制备大面积结构色辐射制冷膜**

樊建茹

大连理工大学

仅发表论文**D01-PO01****纳米复合材料宽带宽吸波特性和研究**

刘奔
北京大学

D01-PO02

基于机器学习与优化算法的超表面图案筛选与阵列排布设计

王一帆
电子科技大学

D01-PO03

遗传算法优化的三层棱台超材料宽带吸波体设计

薛银辉
南京理工大学

D01-PO04

光谱调控技术的智能化设计与应用研究

游可唯
电子科技大学