Science China Technological Sciences
2020 年 63 卷第 8 期中文摘要

用于路径规划的机器人示教学习研究综述

谢宗武, 张琦, 蒋再男, 刘宏

示教学习是一种引起很多研究者关注的方法, 可以帮助机器人学习新技能. 很多研究介绍了示教学习在机器人领域应用的良好效果, 然而需要仔细校正路径规划策略的复杂机器人任务还没有被妥善解决. 特定任务中的接触或非接触约束使得路径规划问题更加复杂, 这是因为机器人和环境之间的交互是时变动态的. 本文聚焦于示教学习领域的复杂机器人任务路径规划, 并给出一种新的视角来分类模仿学习和逆强化学习, 该分类方法基于约束和避障. 最后, 总结了所有的方法, 并提出了对机器人应用和示教学习理论都有前景的研究方向.

示教学习, 路径规划, 模仿学习, 逆强化学习, 避障

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1648-4

高频谐振直流-直流变换器综述: 拓扑及平面磁性元件

徐殿国, 管乐诗, 王懿杰, 王卫

随着高频谐振 DC-DC 变换器的发展, 相关变换器的系统效率、功率密度及动态特性得到了有效提升. 高频谐振 DC-DC 变换器已经被广泛应用在直流电网、新能源变换、交通运输、航空航天、负载点电源等领域中. 在高频条件下, 开关损耗及磁性损耗迅速增加, 而谐振拓扑和平面磁性元件则是减小上述两种损耗的主要方法. 本文比较了不同的谐振拓扑, 分析了相关拓扑的优缺点, 例如 LLC 电路、DAB 电路及其他高阶谐振电路等. 对于平面磁性元件, 详尽阐述了绕组优化结构、建模方法及集成方法. 同时针对相关内容, 说明了未来发展中存在的问题及挑战, 主要包括宽禁带半导体器件特性, 如动态电阻、输出电容损耗及集成模块等. 本综述能够为高频谐振 DC-DC 变换器的设计提供有效的指导.

高频, 谐振直流-直流变换器, 拓扑, 平面磁性元件

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1665-3

极化码在高通量空间通信中的应用

冯博文, 焦健, 吴绍华, 张钦宇

本文介绍了极化码在高通量空间通信中的应用. 高通量空间通信可以实现兆比特级速率的宽带无线传输, 并面向用户提供全天时全覆盖的服务. 本文研究了空间通信的信道特性, 空间信道具有大损耗、长时延、时变、连接断续等特点, 并且难以获得完善的信道状态信息, 为使极化码适合于空间信道, 本文研究了极化码的一些改进设计. 首先, 讨论了极性码的编译码方案, 这些方案对极化码的性能起到关键作用. 其次, 介绍了无速率极化码方案, 这些方案可以针对长距离传输中难以获得信道状态信息的情况下构建合适的极化码. 然后, 介绍了极化码的高速率并行级联方案, 该方案可以提高抵抗信道连接断续的能力. 此外, 为支持未来空间通信网络的大连接需求, 研究了基于极化码的稀疏码分多址方案.

空间通信, 极化码, 级联编码, 高通量

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1630-2

光学环扫成像小卫星旋转模式设计

王峰, 奚瑞辰, 岳程斐, 李化义, 曹喜滨

光学环扫成像是一种面向低成本小卫星宽幅成像需求提出的新概念成像方法. 在小卫星上倾斜安装一台光学相机, 通过相机绕天底轴的旋转或卫星绕天底轴的自旋来实现宽幅成像. 本文设计了三种旋转模式: 快旋模式、慢旋模式和变速旋转模式. 在快旋和慢旋模式下, 转速恒定. 快旋更节省数据资源, 因此适合普查任务; 慢旋成像质量更高, 因此适合详查任务. 综合二者的优势, 提出了一种变速旋转模式, 相机开机时缓慢旋转以获得较高质量的图像, 关机时快速旋转以降低图像重叠率. 通

过对这三种旋转模式的数学仿真, 验证了设计的有效性.

遥感, 光学成像, 宽幅成像, 环扫成像, 小卫星

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1667-4

基于时变自回归模型的高超声速弹道数据参数化建模

胡玉东, 李君龙, 张召, 荆武兴, 高长生

为了描述动力学模型未知的高超声速目标的运动特性和规律, 提出了一种基于时变自回归模型的弹道数据参数化分析与建模方法. 该方法把可观测的弹道数据作为研究对象, 挖掘其内在规律并建模. 首先, 为了避免不同模态数据之间的相互干扰, 采用集成经验模态分解方法将弹道数据分解为线性趋势信号和周期跳跃信号. 然后, 对不同模态数据分别建模: 采用幂函数回归模型实现低频线性趋势信号的高精度建模; 对非平稳、非线性的高频周期跳跃信号采用时变自回归模型进行建模, 以解决模型周期漂移问题, 并采用信息论准则和建模绝对误差均值最小准则确定时变自回归模型阶数和基函数维数, 以减小建模误差. 最后, 通过模型叠合得到弹道数据的完整参数化模型. 仿真结果表明, 本文方法建立的弹道数据参数化模型能精确地描述高超声速目标的运动特性和规律, 与动力学模型具有高度的一致性.

高超声速飞行器, 参数化模型, 弹道分解, 时变自回归模型, 模型阶数

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1652-4

面向航空图像分类的噪声鲁棒特征非监督提取

梁野, 卢帅, 翁睿, 韩成哲, 刘明

卫星和无人机提供的大量数据为航空图像处理带来了新的机遇, 通过提取航空图像的空间和结构信息可以直接建模他们的特征. 在理想的航空图像特征提取方法中, 卷积自编码器(CAE)展现了其强大的提取能力, 但其还难以提取在捕获和传输过程中产生的噪声图像的信息. 为了提高航空图像的高阶特征提取精度并减少噪声的影响, 本文提出了一个基于 CAE 的噪声鲁棒特征非监督提取方法. 不同于传统的 CAE, 所提方法在编码器与解码器中间加入了一个噪声鲁棒单元, 并用步长为 2 的卷积层代替了 CAE 中的几个池化层. 在实验中, 本文利用分类精度和精度损失评估特征提取的表现, 分别利用 5 类的航空可见光场景和 9 类的高光谱数据集进行可见光图像和高光谱图像特征提取, 并利用支持向量机提取其高阶特征. 实验结果显示, 与传统方法相比(2D 78.6%, 3D 84.2%), 提出的方法所提取的高阶特征能够改善噪声图像(高斯噪声 2D σ=0.1，3D σ=60)的分类精度(2D 87.5%，3D 85.6%). 在分类实验中, 精度损失随着噪声的增大而增大. 与传统的 CAE 相比(2D 15.7%, 3D 11.8%), 提出的方法可以减少精度损失(2D 0.3%, 3D 6.3%). 提出的非监督特征提取方法不仅在理想输入情况下保证了分类精度, 还增加了噪声输入情况下的特征提取能力.

航空图像分类, 卷积自编码器, 特征提取, 噪声鲁棒

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1600-9

聚集诱导小球藻细胞向产氢功能的转变

王升良, 徐志君, 林松, 刘小曼, 王磊, 黄鑫

通过细胞表面工程技术对细胞的理化和生物学特性进行操控已引起了众多研究者们的广泛兴趣. 在此, 我们展示了一种温和而高效的方法, 基于光引发的电子转移可逆加成-断裂链转移聚合(PET-RAFT)来构建一种聚合物-活细胞耦合体. 聚合反应在小球藻细胞表面由蓝光引发进行, 温和的室温环境对细胞活性影响很小, 所得到聚合物的分子量分布较窄, 显示出可控聚合的特征. 研究表明, 小球藻的表面电势和聚合物的分子量可由聚合反应时间进行有效调控. 重要的是, 构建的带正电荷的聚合物-小球藻细胞耦合体可与带负电荷的天然小球藻细胞聚集形成微米尺度的团聚体, 处于团聚体表面的细胞进行正常的光合作用产生氧气, 处于团聚体内部的细胞由于光合作用减弱而呼吸作用增强, 在团聚体内部形成缺氧环境从而激活小球藻细胞内的氢酶, 使藻细胞从正常的光合作用产生 O_2 转换为产生 H_2, 且其产氢平均速率为 0.26 μmol H_2h^{-1} (mg chlorophyll)$^{-1}$. 该方法为按需制备不同功能化的聚合物-活细胞耦合体提供了一种有效策略, 并且聚合诱导的小球藻细胞从产氧向产氢功能的转变, 也将为基于细胞的生命功能组装材料在绿色生物能源方面的应用奠定基础.

细胞表面工程, 可逆加成断裂链转移聚合, 生命功能自组装, 绿色生物能源

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1628-9

球磨结合热挤压制备高含量石墨烯增强铝基复合材料

郑忠，张学习，李建超，耿林

由于石墨烯具有超高的比表面积，将高含量石墨烯分散于金属基体中极为困难．本文采用球磨、放电等离子烧结以及热挤压工艺制备了石墨烯含量达 5.0% (体积分数)的纯铝复合材料，研究了石墨烯分散状态对复合材料力学性能的影响．高速球磨工艺可以实现高含量石墨烯在铝基体中的均匀分散，但是过高的球磨能量会破坏石墨烯的结构完整性．相反，变速球磨工艺兼顾了石墨烯在铝基体中的结构完整性和分散性，促使挤压态复合材料形成了结构完好的石墨烯/铝界面．变速球磨制粉、挤压态复合材料的屈服强度和抗拉强度分别达到 279 MPa 和 303 MPa，比相同条件制备的纯铝分别提高了 166%和 116%．这表明变速球磨结合热挤压制备工艺可将高含量石墨烯分散于铝合金中，并且可控制石墨烯和铝基体之间的界面反应．

铝基复合材料，石墨烯纳米片，球磨，热挤压，力学性能

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1670-4

基于形状记忆聚合物复合材料柔性太阳能电池系统的首次在轨验证

兰鑫，刘立武，张风华，刘政贤，王林林，李奇峰，彭凡，郝思达，戴雯煦，万雪，唐勇，王缅，郝燕艳，杨洋，杨承，刘彦菊，冷劲松

基于 10%的可回复宏观压缩应变，形状记忆聚合物复合材料(shape memory polymer composite, SMPC)可用于空间可展开结构和锁紧释放机构．本文研制了可展开 SMPC 柔性太阳能电池系统(SMPC flexible solar array system, SMPC-FSAS)，并进行了地面测试和在轨验证. SMPC-FSAS 不含有传统的火工品、驱动电机或控制器．环氧树脂基 SMPC 用于研制可卷曲变刚度梁，该梁为柔性太阳能电池阵列提供结构支撑且作为其展开驱动器．锁紧释放机构主要由氰酸酯基 SMPC 制成，具有较高的锁紧刚度，可以承受 50g 的重力加速度，具有 10 mm 的最大解锁位移．对 SMPC-FSAS 飞行正样进行了系统的力学、热学等地面可靠性验证. 2019 年 12 月 27 日, SMPC-FSAS 搭载实践二十号卫星发射，其间 SMPC 锁紧释放机构的锁定功能正常．该系统于 2020 年 1 月 5 日在轨成功解锁，且随后在 60 s 内实现了在轨完全展开. SMPC-FSAS 的研制及其在轨成功验证，将促进 SMPC 在新型锁紧释放结构以及空间可展开结构的应用，例如具有低冲击、可测试和可重复使用特性的新型锁紧释放机构，以及超大空间可展开太阳能电池等．

形状记忆聚合物复合材料锁紧释放机构，形状记忆聚合物复合材料管，柔性太阳能电池

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1681-0

基于双基地构型的高速目标 FMCW-InISAR 成像

王勇，荣加加，张庆祥，韩韬

干涉逆合成孔径雷达(InISAR)成像已被证明是获得非合作目标三维空间形状的有力手段．与传统的相干脉冲 InISAR 相比，调频连续波(FMCW)InISAR(FMCW-InISAR)具有低功耗、低成本和小体积的独特优势．但是, FMCW-InISAR 成像还有两个额外问题需要考虑，其一是因 FMCW 扫描间隔相对较长而导致的“走-停”假设无效问题，另一个是发射天线和接收天线之间的隔离问题，这也是收发共用雷达系统的固有问题．为解决这两个问题，提出了一种针对高速目标的双基地 FMCW-InISAR 成像算法．为了提高发射天线和接收天线的隔离度，设计了基于双基地构型的 FMCW-InISAR 系统．根据双基地的特点，建立了双基地等效运动模型和相应的信号模型．由于在 FMCW 情况下“走-停”假设无效，即在扫描重复间隔(SRI)期间无法将目标视为静止，研究了基于参数估计的二次相位因子(QPF)补偿方法以消除 SRI 期间目标径向运动引起的距离徙动．此外，考虑到目标的远场特性并结合传统的 InISAR 成像过程，提出了一种联合 QPF 补偿技术以有效降低算法的运算量．最后，通过仿真实验评估了所提算法的有效性和鲁棒性．

干涉逆合成孔径雷达(InISAR)，调频连续波(FMCW)，双基地构型，径向运动补偿，高速目标成像

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1610-x

几种类 PICA 烧蚀材料的烧蚀和压缩力学行为的比较分析

张军，方国东，杨玲伟，李伟，洪长青，孟松鹤

比较不同类 PICA 材料的烧蚀及压缩力学行为在工程应用中具有重要的意义．对三种类 PICA 材料(CF/PR-Si、CBCF/PR-SiOC

和 NQF/PR-Si 复合材料)开展了高熵空气和 CO_2 气氛下的等离子体风洞烧蚀实验, 并且对材料开展了在室温和 150℃下的压缩实验, 同时与传统的碳/酚醛(C/PR)编织复合材料烧蚀及压缩力学行为进行了比较. 研究发现, 类 PICA 材料具有比传统 C/PR 复合材料更好的隔热性能, 尤其是 CBCF/PR-SiOC 复合材料; CF/PR-Si 和 CBCF/PR-SiOC-PICA 材料在 CO_2 气氛烧蚀时在烧蚀表面产生了大量的涂层、氧化层和骨架形式的 SiO_2, 这与大气中的烧蚀行为有很大的不同. 类 PICA 材料的压缩性能在很大程度上取决于纤维织物, 表现出较大的离散特性, 同时类 PICA 材料中较长的纤维起到维持材料完整性的作用, 但会增加材料的导热性能.

类 PICA 材料, 烧蚀性能, 等离子体风洞, 压缩性能

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1618-2

正面淬熄状态下层流丙烷火焰的电学特性研究

郭利, 翟明, 张一驰, 董芃

本文对正面淬熄状态下层流丙烷火焰的电学特性进行了实验及数值模拟研究. 通过在燃烧器和淬熄平板之间施加大小可变的直流小电场, 得到了不同电场方向、不同预混空气量及不同淬熄平板材料条件下, 火焰电流随淬熄平板高度的变化规律. 同时, 利用 Fluent 数值模拟得到了更加全面的正面淬熄状态下丙烷火焰信息, 如 OH 自由基和主要带电粒子 H_3O^+和 e^-的分布情况等. 研究结果表明: 在正面淬熄状态下, 丙烷火焰的电阻约为 10^8 Ω. 火焰电流随着预混空气量的增加而增加, 而淬熄平板材料对火焰电流的影响相对较小. 电场方向对火焰电流有显著影响, 电流值的区别展示了丙烷火焰的"整流器"特性. 同时, 对比了燃烧器分别作为正负极时, 火焰电流趋势与最大 OH 摩尔浓度趋势的一致性, 得出燃烧器为负极时, 可以更准确地反映正向淬火过程中的燃烧状态. 在通过外加电场诊断燃烧状态时, 最好使用燃烧器作为负极.

电学特性, 层流丙烷火焰, 正面淬熄

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1649-3

超临界水横掠球体曳力特性的数值模拟研究

吴振群, 欧国标, 任一飞, 金辉

数值模拟研究已经成为探索超临界水流化床反应器内复杂物理和化学过程的一种有效方法. 由于水物性在临界点附近的剧烈且非线性变化, 超临界水横掠冷颗粒的流场和曳力特性明显差异于常规流体的相关特性. 因而, 本文采用颗粒解析数值模拟来研究在超临界水特殊物性变化影响下的流体横掠颗粒的流场和曳力特性. 通过在大范围内改变对应于颗粒表面温度的焓值(简称为颗粒表面焓值), 可以实现在不同水物性变化趋势下的相关研究. 研究结果表明, 当采用来流温度为参考温度时, 曳力系数随雷诺数(*Re*)和颗粒表面焓值的变化具有较好的规律性. 在来流与颗粒表面焓值差别较大时, 曳力系数获得较大提升, 并且这一提升主要来源于摩擦曳力系数的变化. 此外, 在不同压力下, 当算例的来流和颗粒表面焓值分别设置相同时, 曳力系数的变化具有较好的一致性. 通过拟合数值模拟结果, 发展了一个考虑超临界水特殊物性变化影响的新曳力系数公式. 该公式适用雷诺数范围为 10~200. 新公式计算结果与数值模拟结果的最大偏差为 13.92%, 平均偏差为 3.67%, 表明该公式拟合质量较好.

超临界水, 数值模拟, 球体, 曳力系数

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1684-2

锆和短切碳纤维对 SiBCN 系陶瓷微观结构和力学性能的影响

朱启帅, 王高远, 廖兴祺, 李达鑫, 杨治华, 贾德昌, 段小明, 何培刚, 周玉

为进一步提高 SiBCN 系陶瓷在极端环境下抗热震和耐烧蚀性能, 将超高温陶瓷相和碳纤维同时作为增强相引入到 SiBCN 系陶瓷中, 致密化和界面反应导致的纤维性能退化成为此复合材料制备过程中不可避免的问题. 本研究将 Zr 和表面涂覆 BN 涂层的短切碳纤维引入 SiBCN 系陶瓷中, 通过机械合金化和热压烧结得到 Cf/SiBCNZr 复合材料, 运用 XRD, SEM, TEM 和 XPS 等分析测试手段, 对复合材料的结构和相组成进行表征, 并对此复合材料的力学性能、断裂行为以及增韧机制进行研究. 将预先机械合金化得到的 ZrB_2 非晶粉体与 SiBCN 系陶瓷粉体混合机械合金化处理后, 混合粉体中除 SiBCN 系陶瓷粉体本来存在的 Si-C, N-B 和 N-B-C 外, 出现 Zr-B 和 Zr-O 键. 热压烧结后, 除 SiBCN 陶瓷基体原有的 BN(C)和 SiC 相外, 出现 ZrB_2 和

ZrN 超高温相, 使得 SiBCNZr 陶瓷具有优异的力学性能. 碳纤维表面的 BN 涂层能有效地防止碳纤维性能退化, 保证了复合材料在断裂时出现界面脱粘、纤维拔出、裂纹偏转和桥接等现象, 保证了 Cf/SiBCNZr 复合材料具有良好的力学性能和伪塑性断裂, 在极端环境下具有巨大的应用潜力. 通过对碳纤维表面 BN 涂层和 Zr 含量的优化, 可以很好地实现 Cf/SiBCNZr 复合材料抗热震、耐烧蚀以及力学性能间的平衡.

硅硼碳氮系陶瓷, 硼化锆, 氮化锆, 碳纤维, 氮化硼涂层, 化学键, 微观结构, 力学性能, 断裂, 增韧

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1657-7

利用激光加工技术制备少层 WSe_2 平面同质结与异质结高性能光电器件

李洋, 杨剑, 詹兆尧, WU Jumiati, 李海, 甄良, 何其远, 徐成彦

平面异质结在现代电子与光电器件构建方面有非常大的潜能, 而目前对平面异质结的构筑还存在很大挑战. 本文通过激光辅助加工的方法, 成功制备了具有 p-n 结特性的 WSe_2/WO_{3-x} 平面异质结以及具有肖特基二极管特性的三层/单层 WSe_2 平面同质结. 这两种类型器件在紫外-近红外波段具有优异的光探测与光伏特性, 例如, 其最大光响应系数、外部量子效率、能量转换效率分别达 10 A/W, 14%, 1.3%. 结合开尔文探针显微镜与电学输运测量发现, WSe_2/WO_{3-x} 界面处的能垒诱发的内建电场、单层/三层 WSe_2 界面处能带的不连续性等因素促进了光生电子空穴对的有效分离. 该工作为进一步利用激光辅助加工的方法制备平面异质结以及构建基于二维材料的新型电子与光电器件等提供了坚实基础.

激光加工, 平面异质结, 光电性能, 二硒化钨

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1627-0

使用钙长石基微晶玻璃连接多孔氮化硅和致密氮化硅

方健, 张杰, 刘春凤, 孙良博, 郭松松, 王东宝

本研究的重点是用于连接致密 Si_3N_4 和多孔 Si_3N_4 陶瓷的新型钙长石基玻璃陶瓷焊料的设计、表征和测试. 发现玻璃焊料在两个陶瓷表面上具有良好的润湿能力. 另外, 研究了结晶化处理对接头组织和剪切强度的影响. 结果表明, $CaAl_2Si_2O_8$ 是焊缝中间层的主要产物. 经过结晶处理后, 接缝的结晶度和接头的抗剪强度得到了明显的改善. 结晶后, 接头的剪切强度在室温下为 52 MPa, 在 850℃时增加到 59 MPa. 最后, 提出了致密的 Si_3N_4/玻璃陶瓷/多孔 Si_3N_4 接头的连接机理. 元素的晶间扩散被认为是致密 Si_3N_4/玻璃陶瓷界面连接的主要机理. 在多孔 Si_3N_4 侧, 通过毛细作用和黏性阻力控制的渗透来实现连接.

Si_3N_4 陶瓷, 玻璃-陶瓷, 微观结构, 抗剪强度

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1653-y

铜锆基块体非晶复合材料中非晶相蠕变行为的剪切转变区依赖性

蒋松山, 甘科夫, 黄永江, 薛鹏, 孙剑飞

借助纳米压痕技术研究了铜锆基块体非晶复合材料中非晶相的蠕变行为. 研究发现, 在制备过程中冷却速率越高的非晶复合材料, 其非晶相表现出更显著的蠕变位移和更小的剪切黏度. 基于协同剪切模型计算出非晶相的剪切转变区体积, 该体积随制备过程中样品所经历的冷却速率的增加而增加. 阐明了蠕变过程中自由体积的演变规律, 分析发现较为松散的原子排布可促使更大体积的剪切转变区形成, 从而促进蠕变变形. 本研究有助于更好地理解块体非晶复合材料中非晶相的变形行为.

块体非晶复合材料, 非晶相, 冷却速率, 剪切黏度, 剪切转变区, 自由体积

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1629-8

极性气体分子在第三主族 Janus 单硫化合物单层可作为高灵敏度气体传感材料: 第一性原理研究

庞凯娟, 魏亚东, 李伟奇, 周欣, 蒋英杰, 杨剑群, 李兴冀, 高朗, 姜永远

气体传感器在工业和家庭安全、环境保护领域中起着不可或缺的作用, 并且它已引起研究人员的广泛关注. 在某些情况下, 可以通过产生空位或通过施加外部电场来提高二维材料传感器的灵敏度. 为了获得相似的结果, 具有内置电场的 Janus 2D 材

料是高灵敏度气体传感器的理想选择. 本文利用第一性原理计算研究了 Janus 第三主族单硫化物单层(Ga_2SSe, In_2SSe)用于检测 CO_2 和 NO_2 的电子和输运性质. 通过影响气体传感器性能的一些重要参数, 例如吸附距离、吸附能量、电荷转移、态密度(DOS), 对 Janus 第三主族单硫化合物单层及其本征系统进行了详细的比较. 研究发现, 对于具有不同极性的气体分子(CO_2 和 NO_2), Janus 第三主族单硫化合物单层(Ga_2SSe, In_2SSe)具有较高的选择性. 这主要归因于 Janus 单层的平面外不对称结构引起的内建电场, 这种电场增强了极性气体分子与 2D 材料之间的偶极-偶极相互作用. 分子吸附前后 Janus 第三主族单硫化合物单层透射光谱的变化, 进一步证明了这种材料作为高灵敏度气体传感器的可行性.

第三主族单硫化合物, 气体传感器, 透射谱, 电子结构, 第一性原理计算

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1616-9

服役环境下 PMMA 材质飞行器光学窗口损伤的修复研究

夏菲, 杨磊, 代兵, 高岗, 杨振怀, 曹文鑫, 徐梁格, 耿方娟, 宋梓诚, VICTOR Ralchenko, 朱嘉琦

本文以表面带有不同程度人为划痕的聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)为研究对象, 来模拟服役环境下受损 PMMA 材质飞行器光学窗口的光学性能变化. 提出一种能较好地恢复 PMMA 光学性能的新型维护方法, 并将其应用于 PMMA 表面划痕的修复. 这种方法简便且成本低, 首先使用不同类型的砂纸打磨 PMMA 去除划痕, 然后旋涂修复液恢复 PMMA 的光学性能. 结果表明, PMMA 的光学性能与砂纸的目数大小密切相关, 不适当的砂纸型号会破坏修复的总体效果. 砂纸目数较小时, 磨粒的尺寸相对较大, 会在 PMMA 光学窗口表面产生较深的磨痕. 使用 5000 目砂纸进行表面处理, 可以有效降低表面粗糙度(R_a=0.566 nm), 可见光范围内的透光率可以恢复到 88%以上.

大气水汽, 对流层, 航空遥感, 近红外比值法, 红外多角度航空相机

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1646-9

磁控溅射法制备二氧化钒薄膜的厚度对红外光学性能的影响

杨振怀, 杨秋玲, 杨磊, 代兵, 夏菲, 王鹏, 郭帅, 高岗, 徐梁格, 张宇民, 朱嘉琦

利用射频磁控溅射方法在蓝宝石衬底上沉积 25 nm 到 250 nm 厚的 VO_2 薄膜(沉积时间从 15 min 到 150 min 不等)并研究其金属-绝缘体的转变性质. 随着薄膜厚度的变化, 室温时 4.0 μm 处的红外光学透射率从 86.53%降低至 41.01%, 光学调制性能在 22.89%和 14.74%之间根据厚度的不同而变化. 尽管沉积时间增加了 10 倍, 但薄膜发生相变的温度变化不大, 加热过程中在 70℃附近波动, 冷却过程中在 53℃附近波动. 拉曼光谱以及拉曼面扫描的结果表明, 当增加厚度时, V_2O_5 特征峰的强度会增加. 变温拉曼的结果表明, 在整个升降温的过程中, VO_2 特征峰可逆变化, 而 V_2O_5 特征峰则在整个热循环过程中保持稳定. 研究结果表明, 薄膜中 V_2O_5 的出现能够在改变薄膜光学透射率和调制性能的同时而不影响相变温度. 该研究能够为氧化钒光学性能的控制提供一种新方法, 有利于热致变色窗的实际应用.

VO_2, 红外光学透射率, 相变温度, 磁控溅射

https://doi.org/10.1007/s11431-020-1656-5