

中国材料大会 2024
暨第二届世界材料大会
CMC 2024 & WMC 2024

July 8-11, 2024
Guangzhou, China

D33-超硬材料及制品
D33-Superhard Materials and
Products

Organized by

Chinese Materials Research Society

Website: <https://cmc2024.scimeeting.cn>

D33. 超硬材料及制品

分会主席：林峰、尹育航、胡晓君、徐西鹏、刘冰冰

D33-01

院士报告：CVD 法生长英吋级单晶金刚石及应用展望（暂定）

邹广田

吉林大学

摘要内容：暂缺

D33-02

超硬非晶碳材料的高压制备

刘冰冰

吉林大学

摘要内容：暂缺

D33-03

单晶金刚石衬底与器件的新进展

王若铮、王玮、王艳丰、魏强、问峰、王宏兴*

1. 西安交通大学 电子科学与工程学院

2. 西安交通大学 电子物理与器件教育部重点实验室

摘要内容：金刚石半导体在禁带宽度、击穿场强、迁移率、介电常数、热导率和器件因子方面远远好于其他半导体，被称为“终极半导体”，可用于开发高温、高频、高效、大功率、抗辐照电子器件，将大幅提升电子系统综合性能指标、解决电子装备小型化、轻量化、可靠性和长寿命，以及环境适应性等诸多瓶颈问题，将带来一次半导体器件的深刻革命。为了实现金刚石半导体领域的创新性发展，需要建立一套系统化的金刚石超宽禁带半导体体系。本报告系统性地介绍了英寸级单晶金刚石外延生长、电子器件级高质量薄膜与掺杂、电子器件开发的国内外发展动态，同时介绍西安交通大学金刚石半导体材料与器件的研究成果。

D33-04

金刚石的光电特性研究

胡晓君*

浙江工业大学

摘要内容：面向国家在宽禁带半导体材料的重大需求，开展金刚石的制备新方法、n 型掺杂、光电性能、器件研制及应用等研究，本报告的主要内容有：（1）化学气相沉积金刚石的形成机制研究。发现化学气相沉积过程中金刚石的形成是由石墨相变而来，颠覆了“碳原子形成金刚石结构”的传统观念；发现石墨低压转变为金刚石的机理，颠覆了“石墨高温高压转变为金刚石”的传统观念，发展出基于石墨低压/常压制备金刚石的新方法。（2）纳米金刚石薄膜的 n 型掺杂新方法研究。创制了适用于纳米金刚石薄膜的低剂量离子注入工艺、低真空热氧化退火工艺；提出 n 型密堆积纳米金刚石薄膜新结构，迁移率较文献结果提高 400 多倍，为宽禁带半导体掺杂及器件研制提供新范式。（3）色心金刚石的制备及性能研究。首次人工制备出少于 3 个色心的超小尺寸纳米金刚石，其室温发光性能至今保持世界第一，在单光子源、量子探针等方面有重要应用；发展出提升色心发光强度的普适性方法，采用热氧化法在金刚石颗粒表面制造纳米结构，将 SiV 发光强度提高 4-27 倍，线宽压窄至 3 nm。

D33-05**宏微纳多级仿生结构新型金刚石砂轮可控制备及磨削特性研究**

张晓红
湖南科技大学

摘要内容：针对超硬磨料砂轮磨削硬脆材料时磨削区核心部位磨削液供给不足、排屑不流畅导致磨削表面质量差、亚表面损伤严重等问题。提出宏微纳多级仿生结构新型金刚石砂轮制备及磨削加工方法，建立微观沟槽/宏观流道叶脉分形仿生模型，确定叶脉仿生结构激光精准可控制备条件；探究宏微纳多级仿生结构协同效应及磨削特性，优化砂轮表面功能结构，提升仿生叶脉分形结构的“减阻传热”与“导屑促排”能力，实现硬脆材料零件的高效低损伤加工。

D33-06**大尺寸单晶金刚石异质外延生长**

金鹏
中国科学院半导体研究所

摘要内容：由于半导体金刚石材料优异的物理性质，其在电力电子器件、微波功率器件、深紫外和高能粒子探测器等各类电子和光电子器件研制方面有着广阔的应用前景。本报告系统介绍本团队在 2 英寸单晶金刚石异质外延生长方面的最新进展，具体包括金刚石异质外延用复合衬底的制备、金刚石偏压增强成核、单晶金刚石薄膜生长和自支撑金刚石单晶制备等工作。

D33-07**异质外延生长大尺寸单晶金刚石及关键应用**

代兵
哈尔滨工业大学

摘要内容：暂缺

D33-08**英寸级金刚石外延生长及缺陷调控**

李柳暗
吉林大学

摘要内容：金刚石是下一代功率电子器件和光电子器件最有潜力的材料之一。然而其产业化仍需解决大尺寸单晶外延生长及高质量晶圆制备技术。探究了封闭式衬底托中籽晶空间位置对生长模式的影响，实现了无多晶金刚石外延生长。基于台阶流调控技术实现了无明显拼接缝的英寸级金刚石单晶。提出镍刻蚀辅助二次生长技术降低位错密度，结合复合掩膜层实现金刚石外延层的近无损剥离。探究了金刚石中 Si、N 杂质的掺杂行为及调控方案。

D33-09**低/常压下石墨转变为金刚石的研究**

朱志光、胡晓君*
浙江工业大学

摘要内容：金刚石由于具有优异的物理和化学特性成为一种备受关注的材料。从石墨到金刚石的相变通常需要高压和高温的极端条件。本课题组的研究发现，过渡金属可以大大降低相变的能量势垒，使石墨

在常压下可以自发转变为金刚石。基于此，本报告主要介绍一种将 Ta 原子直接沉积到石墨衬底表面，利用单分散 Ta 原子的作用促使石墨低压/常压下转变为金刚石的新方法。这将为金刚石材料的制备和广泛应用产生积极影响。

D33-10

大腔体超高压技术的发展及其在极硬非晶碳块材料制备中的应用

尚宇琛、姚明光、刘兆东、董家军、刘冰冰*

吉林大学超硬材料国家重点实验室

摘要内容：大腔体压机因其在高压下精确和均一的温度控制、较大的样品腔体，在材料、物理、地球科学、化学等基础科学研究以及工业领域有着广泛的应用。研究表明，百万大气压下平均每种物质会发生 5 次结构相变，超高压有望提供现有材料 5 倍之多的高压相新材料，因此，推升压力极限，发展更高压力的大腔体制备技术，将促进新材料的探索，然而，受限于大腔体压机较大的受力面积，在较大的样品腔体上产生超高压一直非常具有挑战性。在本报告中，我们将介绍研究团队在大腔体超高压技术的最新进展，以及借助该技术在极硬非晶碳材料高压制备中取得的突破。我们建立了基于大腔体压机的超高压关键技术，自主开发了国产碳化钨压砧和高压组装，突破了商用大腔体压机的压力极限，实现了高温下 40GPa 以上的超高压。借助此大腔体压机超高压关键技术，在新材料研制中取得了突破，首次从富勒烯 C60 出发制备出毫米级极硬 sp³ 非晶碳块材，并发现近全 sp³ 非晶碳具有突出的物理性质，是已知非晶材料中硬度、杨氏模量和热导率最高的材料。最近，研究团队继续通过利用新的富勒烯 C70 前驱体，进一步优化了 sp³ 非晶碳的结构和性质，发现该材料内部具有更强的局域结构有序，并且表现出更加优异的热传导性质和超高的硬度。sp³ 非晶碳展现出的优异性能，将为超硬材料和非晶材料的应用开辟新的空间。

D33-11

金刚石材料制备加工与应用

王希玮

山东大学

摘要内容：本次汇报主要简述山东大学新一代半导体材料研究院金刚石材料方向在材料制备、加工与应用制备领域多年的发展，以及金刚石材料在半导体行业的应用前景、发展现状与未来前景。简述金刚石单晶与多晶材料的制备方法、加工与器件方面的部分进展，总结金刚石材料领域目前急需突破的科研与行业困境，聚焦于金刚石材料在半导体行业中短期与长期的展望。

D33-12

超纳米金刚石涂层密封环的制备与摩擦学性能研究

朱豪杰¹、刘栋栋¹、孙方宏^{*1,2}

1. 上海交通大学机械与动力工程学院

2. 上海交通大学深圳研究院

摘要内容：为了提高碳化硅密封环在高温、高速和高压等高参数工况下的工作寿命，采用热丝化学气相沉积法在密封环端面涂覆具有良好耐磨性的金刚石涂层。金刚石涂层密封环的表面光洁度是影响其耐磨减磨性能的重要因素。本文在碳化硅基体上制备了单层金刚石涂层、复合金刚石涂层和梯度渐变复合金刚石涂层，并进行机械抛光。通过对抛光金刚石涂层的表面形貌、表面粗糙度、拉曼光谱和洛氏压痕进行表征评价，阐明了机械抛光对不同类型金刚石涂层的影响机理。结果表明，超纳米金刚石颗粒组成的涂层表面具有较低的初始表面粗糙度和硬度，抛光后的表面光洁度更高。此外，将抛光金刚石涂层与碳化硅陶瓷球进行球-盘式摩擦学实验，分析了不同抛光金刚石涂层的摩擦系数和磨损性能。摩擦试验表明，由于超纳米涂层较低的表面粗糙度和良好的界面结构，抛光后的梯度渐变超纳米金刚石涂层具有最低的摩擦系数和

优异的耐磨性。本研究为抛光金刚石涂层在机械密封领域的应用提供了有价值的见解。

D33-13

不同压力环境下天然单晶石墨的宏观相变行为研究

殷小双、王丽娟、刘沛源、缙慧阳、杨留响*

北京高压科学研究中心

摘要内容：揭示石墨的高压相变一直是碳材料领域研究的关键之一。石墨相变后非常容易转变为超硬相，到目前位置，已经有很多实验结果和理论模型来阐述这一相变过程^[1-4]。然而，目前的实验研究更多聚焦于微观结构分析。本研究则从宏观层面出发，利用原位二维（2D）拉曼成像技术和样品在金刚石对顶砧中光学形貌的原位观察相结合，以及对回收样品的扫描电子显微镜（SEM），原子力显微镜（AFM）表征，在室温下全面探究了天然单晶石墨（SCG）在三种不同压力传递介质（PTM）——氩气（Ar）、氦气（He）和立方氮化硼（cBN）作用下的压力诱导相变行为。研究结果显示，在不同的压力条件下，石墨的相变行为展现出巨大差异，甚至在同一块石墨晶体中也能观察到多样性。特别是当使用氩气作为 PTM 时，SCG 表面形成独特的褶皱和平面区域，褶皱区域中的相变过程相比于平面区域有显著滞后。这些发现进一步深化了我们对石墨相变机制的理解，并为解释相变后形成的金刚石等产物结构多样性，构建相关理论模型，设计合成新型超硬材料提供了新的视角。

D33-14

金刚石深度应变工程及其半导体和光电应用

陆洋*

香港大学

摘要内容：基于材料尺寸效应和纳米力学手段，我们首次发现了单晶金刚石在纳米尺度下接近 9% 的超大弯曲弹性应变，接近金刚石的理论强度极限。为促进其弹性应变工程应用，进一步通过原位单轴拉伸单晶金刚石的微纳阵列结构，首次实现了整体均匀、接近 10% 的全域弹性应变。这种超大弹性拉伸应变可显著降低了金刚石的带隙达 2eV，甚至将金刚石从间接带隙转变为直接带隙半导体，展示了“应变金刚石”在微电子、光电和量子技术中的应用潜力。

D33-15

高温高开关比金刚石功率器件

徐跃杭

电子科技大学

摘要内容：暂缺

D33-16

金刚石/Cu 热管理材料的研究进展

徐强*

北京安泰钢研超硬材料制品有限责任公司

摘要内容：随着微电子技术的快速发展，半导体芯片和集成电路被用于追求更快的计算速度和更复杂的功能，芯片级和模块级的核心电子器件继续朝着体积更小、功能集成、高功率密度的方向发展。电子设备在国防、电子工业、新能源、航空航天等诸多高科技领域的应用越来越强大，集成化水平越来越高。散热问题已成为制约这些行业发展的关键问题。要解决散热问题，除了采用更高效的冷却技术外，研制出热导率大于 400W/(m·K)且膨胀系数与半导体材料相匹配的新型轻质电子封装材料迫在眉睫。金刚石/Cu 热管

理材料是一种金刚石粉与铜合金的复合材料。以金刚石作为增强相的铜/金刚石（Cu/diamond）基复合材料在理论上热导率可达 $1000\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ，是第三代封装材料的 5 倍。这类金刚石/金属复合材料被称为第四代电子封装材料。本文综述了金刚石/铜热管理材料的制备方法和导热性能，总结了金刚石/铜热管理材料界面改性的方法及现状以及金刚石/铜热管理材料有效热导率的预测模型。

D33-17

常关型氢终端金刚石场效应晶体管及其逻辑电路

王玮

西安交通大学

摘要内容：金刚石作为第四代超宽禁带半导体材料，其具有更高的载流子迁移率、更高的击穿电场和更高的导热能力，因此是研发可稳定工作在高温、高频和高功率环境下的电流开关和集成电路的理想材料。随着氢终端金刚石的快速发展，增强型和耗尽型器件制备的可控性，开展氢终端金刚石逻辑电路的研究十分必要。本工作在同一衬底上制备增强型和耗尽型场效应晶体管，利用增强型器件作为驱动管，耗尽型器件作为负载管，阈值电压控制器件的开关状态，实现高增益的直接耦合氢终端金刚石反相器。

D33-18

金刚石射频器件研究

蔚翠

中国电子科技集团公司第十三研究所

摘要内容：金刚石半导体材料优异的性能使其成为制备下一代高功率、高频、高温及低功率损耗电子器件的最有希望的材料之一。本研究，我们开展高纯低缺陷金刚石外延材料制备技术，通过衬底预处理、表面损伤层修复等抑制金刚石外延材料中缺陷，实现高性能外延材料；开展器件物理模型研究，分析器件击穿机制，指导器件制备；针对器件欧姆接触、耐压低等问题，优化器件制备工艺，通过优化，器件耐压特性显著提升，实现高输出功率密度和高输出功率的金刚石射频电子器件。

D33-19

金刚石膜表面纳米结构的制备及其电化学应用

杨扬*

中国科学院深圳先进技术研究院

摘要内容：金刚石纳米结构除了具有金刚石固有的物理化学性质以外，其形貌及尺寸的改变也使其拥有一些块体金刚石所没有的特性。如既硬又弹的力学性能、高的比表面积、尖端效应，以及通过掺杂和空位缺陷实现的独特性能等。本报告将详细介绍多种具有纳米/微结构的金刚石薄膜制备方法、性能及其在电化学催化等领域的应用研究结果。我们通过对金刚石纳米针尖的掺杂和结构设计，证明了表面电荷的累积可以显著的影响电化学催化的反应自由能，为高效电化学催化剂的设计提供了一种新的思路。

D33-20

三维结构金刚石紫外探测器的研究

刘璋成*

江南大学

摘要内容：日盲紫外光电探测在紫外通信、导弹预警、火灾预警、天文观测和深空探测等领域发挥着举足轻重的作用，而这些领域所面临的环境往往是比较恶劣的。金刚石半导体具有宽禁带、高抗辐射强度、高载流子迁移率、高化学稳定性，是日盲紫外探测器的最佳候选材料之一。然而，由于金刚石材料是间接

带隙半导体，导致其对日盲紫外光的响应度较低。因此，我们围绕金刚石光电探测器响应度提升及性能优化开展了三维结构器件的研究，取得了一些成果，相关研究成果将在会议上展示。

D33-21

CVD 金刚石表面垂直碳纳米管生长及机制研究

朱芬

北京科技大学

摘要内容：垂直排列的碳纳米管（VA-CNTs）具有黑体吸收和发射特性，是吸收辐射的理想材料。结合金刚石优异的热导率，形成界面结合性好、传导率高、机械强度好的全碳复合材料，有望提高太阳能光热转换效率实现绿色资源的有效利用。在本研究中，通过射频磁控溅射在金刚石衬底上沉积金属催化剂层，并使用 T-CVD 方法结合双阶段生长方式在金刚石上生长垂直碳纳米管阵列。通过密度控制机制、速度生长机制和金刚石石墨化作用机制，调整生长工艺参数。结果表明，在优化的生长条件下，在金刚石上制备了高度约为 5 μ m 的垂直碳纳米管阵列。

D33-22

使用金刚石工具的硬脆材料超声振动加工技术及应用

殷振

苏州科技大学

摘要内容：通过在金刚石工具上施加超声振动，可驱动金刚石工具进行每秒 20000-50000 次的高频振动，使金刚石工具获得 104-105g 倍的加速度，高频振动的金刚石工具在切削硬脆材料时，可有效减低切削力、延长金刚石工具的使用寿命、减小材料崩边、提高硬脆材料的加工效率和加工质量、大幅降低加工成本。目前，使用金刚石工具的硬脆材料超声振动加工技术已广泛应用于：1.半导体业：碳化硅托盘、氧化铝基座、石英晶舟、氮化铝加热盘等等；2.光电面板业：手机 2D/3D 面板玻璃、氧化锆机壳、蓝宝石、LED 照明、碳化硅避雷针、智能手表后盖、智能手环陶瓷边框、蓝牙耳机壳等；3.机械结构零件：陶瓷轴承、陶瓷 PUMP、陶瓷刹车片、自动化耐高温陶瓷零部件等等；4.医疗产业：氧化锆陶瓷牙冠、玻璃镜片、陶瓷静脉留置针、陶瓷关节等等；5.民生用品：氧化锆陶瓷表框、蓝宝石表框、钻石首饰、水晶摆饰、VR 镜片、AR 光波导等。

D33-23

Cu 基金刚石工具材料无压烧结致密化及力学性能研究

周浩钧*

广东奔朗新材料股份有限公司

摘要内容：借助高温热膨胀仪，采用恒速升温工艺制备 Cu 基金刚石工具胎体试样，重点研究单质 Sn 及磷铁(FeP)添加剂对无压烧结胎体致密化行为、微观组织结构及力学性能的影响，并揭示其作用机理。结果表明：Sn 在低温烧结阶段为粉末颗粒重排提供了良好的液相环境，促进了固相组元的溶解-析出反应，最终主要固溶于 Cu 相内形成硬脆性化合物。FeP 添加剂表现出弥散强化作用，但它对致密化的作用强度明显低于 Sn 粉，过多的 FeP 反而产生阻碍作用。Sn/FeP 混合粉末的作用效果优于单组分烧结助剂，同时添加 3wt% FeP 和 6wt%Sn 时，Cu-Fe-Co 合金胎体具有最优的综合性能，其抗弯强度、硬度及相对密度同步提升，分别为 1280.5 MPa、98.6HRB、98.9%，断口形貌呈现出脆性和韧性断裂的混合特征。

D33-24

激光熔融沉积金刚石复合涂层的关键基础问题研究

张伟

中南大学

摘要内容：针对超硬复合涂层激光熔融沉积过程中普遍面临的金刚石热损伤、异质界面失效以及涂层基体熔凝工艺失配等关键基础问题，系统开展了金刚石损伤与防护机理、涂层基体成分高通量设计优化，以及金刚石/基体异质界面应力调控与强韧化机制的研究，成功解决了超硬复合涂层中金刚石的“控形-控性-控位”等难题，并最终形成了低热损、强把持、高耐磨、高耐蚀的金刚石超硬复合涂层材料配方体系与关键制备技术原型。

D33-25**不同陶瓷材料的金刚石磨粒加工行为**

张凤林

广东工业大学

摘要内容：陶瓷材料广泛应用于航空、航天、新能源、微电子、生物医疗等领域，不同种类的陶瓷元器件在精密加工过程中表现出不同程度的难加工性。为掌握不同陶瓷材料的难加工性特点和相关机制，提出了对典型韧性陶瓷材料（氧化铝和氮化铝）和典型脆性陶瓷材料（氧化锆和氮化硅）的磨粒加工行为研究。探究不同陶瓷材料在金刚石磨粒加工过程中的摩擦行为、材料去除与损伤特征和能量消耗。

D33-26**激光增材制造结构化金刚石磨具的拓扑设计、工艺调控及性能定制数据库**

徐仰立

华侨大学

摘要内容：大幅面、极端尺寸、复杂形状等新一代硬脆性材料产品的高效加工制造对工具的形性要求越发苛刻，具有形状可控、冷却/容屑通道等特征的结构化金刚石磨具有望解决上述产品的加工难题。采用拓扑胞元设计与激光增材制造技术，探索不同工艺参数下金刚石复材的激光熔凝行为与界面结合特性，建立结构参数与力学、渗透及磨削性能的关系模型，最终构建适用于不同加工要求的性能定制数据库，为新型结构化磨具的应用奠定理论基础和技术支撑。

D33-27**新型钎焊金刚石砂轮的研究及应用**

段端志

西安交通大学

摘要内容：首先介绍了钎焊金刚石砂轮的性能特点以及在实际应用中存在的问题；接着，介绍了近年来课题组在低热损伤钎焊金刚石砂轮研制方面取得的进展；最后，介绍了课题组研制的新型钎焊金刚石砂轮应用案例，包括应用场景、应用效果等。

D33-28**金刚石镍铝复合材料的自蔓延高温合成制备及性能研究**

丁冬海

西安建筑科技大学

摘要内容：暂缺。

D33-29

基于显微结构调控的高硬高韧 PcBN 刀具材料的研究

莫培程

中国有色桂林矿产地质研究院有限公司

摘要内容：针对目前立方氮化硼复合材料 PcBN(Poly-crystalline Cubic Boron Nitride)聚晶层存在“硬度有余而韧性不足”的问题，本文进行了基于显微结构调控的高硬高韧 PcBN 刀具材料的研究，在高温高压原位合成了棒晶材料增强增韧的 PcBN 复合材料，通过优化调控聚晶立方氮化硼内部的显微结构，实现了高硬高韧性聚晶立方氮化硼材料的制备。

D33-30**基于选区激光熔化技术制备金刚石铣磨头及其加工性能评价**

王建宇

华侨大学

摘要内容：暂缺

D33-31**石墨烯/金刚石异质结构制备研究**

成绍恒

吉林大学

摘要内容：金刚石被誉为终极半导体材料，备受关注，基于金刚石的异质结构设计与制备是研究热点。将石墨烯与金刚石相结合制备石墨烯/金刚石异质结，有望实现两种材料的优势互补，已有理论研究证明石墨烯/金刚石异质结在光电器件、高频高功率器件等领域具有重要应用前景。本课题组利用金属催化生长法，通过调控温度制备了具有良好结构与性能的石墨烯/金刚石异质结构，并讨论了生长机理。

D33-32**金刚石表面金属化及基体合金化耦合增强金属基复合材料导热性能研究**魏秋平*¹、焦增凯¹、姚远卓¹、马莉¹、张龙²、周科朝¹

1. 中南大学

2. 长沙理工大学

摘要内容：金刚石/金属基复合材料因其具有高导热、低膨胀、轻量化的优势，在电子封装热管理领域具有广泛的应用前景。但金刚石和金属之间较差的界面润湿性以及界面对声子和电子的散射等问题限制了复合材料导热性能的充分发挥，通过金刚石表面金属化和基体合金化耦合作用增强界面结合性和导热性，可以最大程度的提高复合材料的导热性能。本文以金刚石/金属基（铝、铜）复合材料的界面改性为主，简述了界面设计的理论基础、界面改性的研究现状、界面反应及复合材料稳定性等几方面的研究成果，并对金刚石/（铝、铜）复合材料的发展趋势给予展望。

D33-33**大尺寸 CVD 多晶金刚石精密加工技术研究**

王宁昌

郑州磨料磨具磨削研究所有限公司

摘要内容：金刚石材料具有极其优异的热学、光学、电学等性能，被视为 21 世纪最有应用前景的功能材料。多晶金刚石硬度高、脆性大、化学性质稳定，毛坯厚度不均匀、翘曲度大、存在不同程度的内应

力，加工技术已成为制约大尺寸 CVD 金刚石应用的瓶颈。针对金刚石加工存在的问题，从毛坯材料基本属性出发，探索金刚石的工程化加工方案，提出了大尺寸多晶金刚石的加工技术路线，并讨论了不同工序的加工方式和要求，以获得良好的加工精度、质量和效率。

D33-34**硼掺杂金刚石电极电化学检测**

高楠

吉林大学

摘要内容：随着各种药物在人类生活生产中的大量使用以及工业生产带来的各种副产物，污染物对环境的负面影响与日俱增，严重威胁人类生活安全。开展环境污染物检测研究具有重要现实意义。硼掺杂金刚石膜具有电势窗口宽、低背景电流、耐腐蚀、易清洗等优异性质，是制作高性能电化学检测电极的优质材料。本课题组通过表面微结构构筑和选择适配体的方式，成功使用硼掺杂金刚石检测了多种污染物，达到较低检测限和较宽检测范围。

D33-35**发展可拓展的高品质金刚石材料与器件**

褚智勤

香港大学

摘要内容：暂缺

D33-36**金刚石薄膜电极的制备及应用研究**

刘辉强、张文、杨万林、熊鹰*

西南科技大学

摘要内容：金刚石薄膜电极具有析氧（析氢）电位高、电势窗口宽、背景电流低、化学稳定性强、环境友好等特点，是理想高效的电极材料，而受到业内广泛的关注，并在电化学应用领域显示出极大的应用潜力。本报告基于课题组近期在高性能金刚石薄膜电极制备与应用方面取得的研究成果，从金刚石薄膜电极材料制备装置、工艺优化及电化学反应器设计等角度详细阐述电化学应用的有效策略；并分析和展望了金刚石薄膜电极的制备及应用现状及前景。

D33-37**等离子体 CVD 技术构筑金刚石-石墨材料及应用探索**翟朝峰^{1,2}、张楚燕¹、陈滨^{1,2}、姜辛^{1,3}、黄楠^{*1,2}

1. 中国科学院金属研究所 沈阳材料科学国家研究中心, 沈阳 110016
2. 中国科学技术大学 材料科学与工程学院, 沈阳 110016
3. University of Siegen, Institute of Materials Engineering, Siegen 57076

摘要内容：本报告提出了等离子体 CVD 构筑金刚石-石墨材料新方法。数值仿真结果表明，设计的限域陶瓷样品台促使等离子体电子密度增加至 $1.46 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ ，为原来的 2.7 倍，为碳原子活化并以石墨碳形式与金刚石共价连接提供能量。透射电子显微镜表明金刚石(1-11)面和石墨(0001)面以 3:2 和 2:2 的对应关系共价连接，与高温高压方法构筑的共价金刚石-石墨界面不同。电子能量损失谱阐明界面处石墨相电子密度增加，且具有 sp^2/sp^3 碳混合杂化特征，表明金刚石和石墨在共价键界面上拥有强相互作用。一方面，第一性原理计算揭示强相互作用界面诱使电子从金刚石相向石墨相转移，进而调变了界面碳的电子性质，

引发石墨在 Fermi 能级附近的态密度异常增加,并在金刚石的导带底引入局域能级,致使共价金刚石-石墨材料阴极发光特征峰蓝移。另一方面,机械划擦实验表明强相互作用提升了金刚石表面石墨的结构稳定性。利用金刚石-石墨材料导电、结构稳定的优势,研制出高效稳定的金刚石-石墨负载 CuO 电化学电极。该电极在葡萄糖分子检测中表现出高灵敏度($1650 \mu\text{A cm}^{-2} \text{ mM}^{-1}$)、低检测极限($0.5 \times 10^{-6} \text{ M}$)以及优异的重现性和长期稳定性。这项研究工作深入理解了等离子体 CVD 构筑共价金刚石-石墨材料,阐明了强作用共价相界面对材料电子性质和结构稳定性的显著作用,为开发先进的金刚石功能电极提供基础参考。

D33-38

用于重型渣浆泵叶轮新型超硬耐磨合金及制备技术

陶稀鹏*、王鼎辰、吴世钰、崔传勇、周亦胄、孙晓峰
中国科学院金属研究所

摘要内容:渣浆泵叶轮是一种用于输送含有固体颗粒浆体的泵部件,内部具有形状复杂的叶片将浆体吸入并排出,是冶金建筑行业不可或缺的关键部件,然而仍面临着硬度和铸造性能难以协同提升问题。本研究通过研究多尺度碳化物协同增效机制以及高合金化材料离心铸造工艺,实现耐磨合金硬度、耐磨性能和铸造性能协同提升,解决渣浆泵叶轮用耐磨合金硬度和铸造性难以平衡控制问题。结果表明:通过调控强碳化物形成元素含量,原位构筑微米碳化物 VC、Cr₇C₃ 和纳米碳化物 Mo₂C、NbC,高硬度 VC 可有效抵抗磨损过程中硬磨粒划伤,同时 VC 和周围奥氏体具有共格相界面,保证 VC 颗粒在磨损过程中不易脱落;骨架状 Cr₇C₃ 碳化物促使磨损过程中材料与摩擦副之间协同变形,避免了碳化物和基体大幅度脱落,同时往复磨损诱导低层错能的 Cr₇C₃ 内部形成位错锁,抑制了骨架状碳化物变形破碎;纳米碳化物 Mo₂C、NbC 诱发晶粒细化,进一步提升了合金基体硬度和强度,保证了材料表面高硬度和优异耐磨性能。本研究选用离心铸造替代传统铸造工艺,通过施加离心力解决了高合金化材料铸造流动性不足的问题,同时提高了材料表面弥散分布碳化物含量,进一步提升其表面硬度,经热处理后重型渣浆泵叶轮表面硬度高达 $70 \pm 2 \text{ HRC}$,展现出优异的耐磨性能,可以显著提高零件在恶劣工况下的使用寿命,减少更换频率和设备停机时间,提高生产线的连续运行能力。其用途广泛,市场前景广阔。

墙报

D33-P01

Physical properties and Piezochromism of metal-viologen materials under hydrostatic pressure

Hechong Wang¹, Zhi-Wei Shen¹, Shao-Jie wang¹, Hong-Kai Li¹, Qi Sui², Lin Wang^{*1}

1. Center for High Pressure Science, State Key Laboratory of Metastable Materials Science and Technology, Yanshan University

2. Key Laboratory of Surface & Interface Science of Polymer Materials of Zhejiang Province School of Chemistry and Chemical Engineering Zhejiang Sci-Tech University

摘要内容: Introducing viologen as a functional group into metal-organic frameworks is an ideal way to construct multifunctional MOFs materials. Viologens, as one of the typical electron-poor organics, have the excellent redox capability to generate the radical states through the reversible electron transfer under external stimuli. Pressure is a fundamental mechanical energy input capable of inducing various changes in physical/chemical properties. Recently, piezochromic phenomena has been found in Viologen compounds. Herein, we applied hydrostatic pressure on metal-viologen materials to investigate the pressure effect on structure, electrical properties, and piezochromism. We found that viologen compounds with cross-conjugated molecular systems exhibited higher free radical concentrations and faster impedance change rates than linearly conjugated molecular systems under hydrostatic pressure. The bandgap becomes lower and the metal-viologen materials transforms from insulator to semiconductor with increasing pressure. Our findings will provide an experimental basis for the structural evolution of metal-viologen compounds under high pressure.

仅发表论文

D33-PO01

镁铝合金对自蔓延高温合成 Al-Ni 基结合金刚石复合材料的影响彭凯¹、杨潘^{*1,2,3}、尹育航¹、陶洪亮¹、马邵伟¹、高润泽³

1. 广东奔朗新材股份有限公司

2. 西安建筑科技大学

3. 西安建筑科技大学华清学院

摘要内容：以金属 Al 粉，Ni 粉及金刚石为原料，镁铝合金为添加剂，采用燃烧合成方法制备出 AlNi 基结合金刚石工具材料。对燃烧合成试样的体积密度、显气孔率、抗压强度及洛氏硬度进行了测定；分别采用 X 射线衍射分析法（XRD）和场发射扫描电镜（FESEM）结合能谱分析（EDS）对燃烧合成试样的物相组成及微观形貌进行分析。实验结果表明：在不掺镁铝合金的空白试样中，其物相由 Ni_3Al 、NiAl 及 Ni 组成。随着镁铝合金掺量的增加，燃烧合成试样中 Ni_3Al 和 NiAl 峰值升高，Ni 峰值下降，另外，还出现了 Mg_2Ni 和 AlMg 相。随着镁铝合金的加入，试样表面的孔隙增多，断面处基体对金刚石的把持力增加，这与显气孔率增加而力学性能升高的变化趋势相吻合。在镁铝合金掺量为 1wt% 的试样中，发现很多的纳米纤维，纤维的长度在 $3\sim 5\mu\text{m}$ ，在金刚石与基体的连接处起到很好的桥联增韧作用，这也解释了为什么镁铝合金掺量为 1wt% 的试样抗压强度和洛氏硬度较高的原因。

D33-PO02

Effect of different molar ratio of BaO to SrO on the properties of cBN grinding wheel glass-ceramic bond

Huibing Sun*

Monte-Bianco

摘要内容：This paper presents the results of research concerning the different molar ratio of BaO to SrO on the properties of glass-ceramic bond for cBN grinding wheels without nuclear agent. the bond were characterized by using differential scanning calorimetry (DSC), X-ray diffractometry (XRD), scanning electron microscopy (SEM), also the properties of bond were evaluated, such as thermal expansion coefficient(TEC), fluidity, bending strength and so on. Results show that the glass-ceramic bond incorporating BaO:SrO=5:1(mol) exhibits higher bending strength (190MPa), low TEC ($5.91 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$), besides the bending strength of cBN composites with 80wt.% cBN is 154MPa, suggesting that the glass-ceramic bond had the potential to prepare high performance cBN grinding wh