

# 四川省科学技术奖提名公示内容

提名四川省自然科学奖的候选项目公示内容：

**1、推荐奖种：**自然科学奖

**2、项目名称：**导电金刚石薄膜可控制备与性能调控

**3、提名单位：**四川省教育厅

**4、提名意见：**

我单位组织项目完成单位认真审阅了该项目的提名材料并确认全部真实有效，完成单位按照要求进行了提名前公示，目前未收到异议。

提名该项目为 2025 年度四川省自然科学奖。

**5、项目简介：**

金刚石材料凭借其卓越的物理化学性能，已成为国家战略性、基础性和先导性的重要材料，对国民经济和社会发展具有深远影响。金刚石薄膜材料固有的热力学亚稳态生长特性及其  $sp^3$  杂化形成的强共价键结构，导致制备过程中易出现异构碳原子竞争，且难以实现异质原子有效掺杂。这两个问题共同构成了对其微观结构与电子结构进行精准调控的关键挑战，也成为金刚石材料在极端电子器件等领域应用的根本瓶颈。针对上述挑战和瓶颈，本项目围绕“导电金刚石薄膜可控制备与性能调控”这一主线，依托国家及各级科技计划项目持续支持，秉持生长新方法、构筑新结构、开发新应用、揭示新机理的系统研究思路，利用异质原子（N、B）有效掺杂与同质原子（C）精准异构两大路径，开发了系列导电金刚石薄膜材料，取得重大突破。主要科学发现有：

（1）提出了基于微波等离子体能量密度调控金刚石薄膜内同质异构碳原子界面结合从弱范德华力向强共价键转变的新策略，揭示了限域空间与三维多孔协同增强电极界面电荷响应、加速离子输运的内在机制。

（2）发展了以有机小分子为碳氮源制备异质氮原子掺杂超纳米金刚石薄膜的新方法，揭示了电子态密度优化与晶界导电通道构建协同增强场发射性能的物理机制。

（3）揭示了异质硼原子掺杂调制金刚石薄膜电子结构的内在机制，阐明了密排(111)面促进硼原子掺杂与电子转移的作用机理，提出了电子结构调控协同几何结构优化的电子转移增强新策略，明确了硼-碳活性位点诱导界面电子转移反应机理。

本项目研究形成的液态有机小分子 CVD 法制备导电金刚石薄膜新材料作为强流发射阴极材料，在中国工程物理研究院流体物理研究所和应用电子学研究所得到应用验证。本项目研究过程中针对液态源生长新机制对微波等离子体化学气相沉积装备的改进技术成功运用于金刚石行业头部企业—成都稳正科技有限公司的新装置开发，推动了国产金刚石专用制造装备升级换代。

本项目成果在 Advanced Energy Materials 、 Carbon 、 Separation and Purification

Technology、Journal of Materials Science & Technology 等国内外期刊发表系列相关学术论文, 授权发明专利 40 余项, 出版英文学术专著 2 部。其中, 6 篇代表作得到美、德、日等 20 个国家和地区学者的肯定和评价, 相关成果被澳大利亚科学院院士 Prawer Steven 教授、吉林大学超硬材料国家重点实验室邹广田院士团队、国家“WR 计划”科技创新领军人才曹亦俊教授等专家肯定和评价。

项目执行过程中先后主办/承办了能源与环境领域碳材料高端国际学术研讨会, 第一届碳基功能材料与器件及装备学术研讨会等国际国内会议 5 个, 20 人次在本领域国际国内会议作特邀报告, 2 人次入选四川省学术技术带头人后备人选, 获批四川省自然科学创新研究群体 1 个, 建立了一支具有重要国际学术影响力的导电金刚石研究团队。

## 6、代表性论文专著目录

序号	论文(专著) 名称/刊名 /作者	年卷页 码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表 时间 (年 月 日)	通讯 作者 (含 共 同)	第一 作者 (含 共 同)	国内 作者	他 引 总 次 数	检索数 据库	论文 署名 单位 是否 包含 国外 单位
1	Highly Localized Charges of Confined Electrical Double-Layers Inside 0.7-nm Layered Channels/Advanced Energy Materials/Bin Chen, Zhaofeng Zhai, Nan Huang, Chuyan Zhang, Siyu Yu, Lusheng Liu, Bing Yang, Xin Jiang, Nianjun Yang	2023 年 13 卷 2300716 页	2023-08-09	黄楠、姜辛、杨年俊	陈滨	陈滨、翟朝峰、黄楠、张楚燕、於思瑜、刘鲁生、杨兵	16	Web of Science	是

2	Highlyconductivenitrogen-dopedultranano crystallinediamondfilms withenhanced fieldemissionproperties: triethylamine as a new nitrogen source / Journal of Materials Chemistry C /Wen Yuan, LipingFang, Zhen Feng,Zexiang Chen,Jianwu Wen, YingXiong, Bing Wan	2016 年 4 卷4778 页	2016-04-11	熊鹰, 王兵	袁稳	袁稳、方利平、冯真、陈泽祥、温建武、熊鹰、王兵	25	Web of Scienc	否
3	Battery-likeflexibles upercapacitorsfrom vertical 3Ddiamond/graphite composite filmson carbon cloth/ Carbon /Junjie Long, LeiGuan, Jian Wang,Huiqiang Liu,Bing Wang, YingXiong	2022 年 197 卷 400 页	2022-06-07	王兵、熊鹰	龙俊杰	龙俊杰、官磊、汪建、刘辉强、王兵、熊鹰	17	Web of Science	否

4	Microstructural modification of diamond-graphite anohybrid films via adjusting deposition temperatures for enhanced electron field emission /Diamond & Related Materials /Haining Li, Ying Xiong, Bing Wang, Bing Yang, Nan Huang, Yan Liu, Jianwu Wen	2018 年 87 卷 228 页	2018-06-05	熊鹰, 王兵	李海宁	李海宁、熊鹰、王兵、杨兵、黄楠、刘艳、温建武	13	Web of Science	否
5	Manufacturing 3D nano-porous architecture for boron-doped diamond film to efficient abatement of organic pollutant: Synergistic effect of hydroxyl radical and sulfate radical/Separation and Purification Technology/Zhigang Lu, Lusheng Liu, Weichun Gao, Zhaofeng Zhai, Haozhe Song, Bin Chen, Ziwen Zheng, Bing Yang, Cong Geng, Jiyan Liang, Xin Jiang, Nan Huang	2022 年 302 卷 122080 页	2022-09-09	姜辛、黄楠	卢志刚	卢志刚、刘鲁生、高维春、翟朝峰、宋昊哲、陈滨、郑子文、杨兵、耿聪、梁吉艳、黄楠	13	Web of Science	是

6	Growth behavior of CVD diamond films with enhanced electron field emission properties over a wide range of experimental parameters / Journal of Materials Science & Technology / Xinyi Jia, Nan Huang, Yunying Guo, Lusheng Liu, Peng Li, Zhaofeng Zhai, Bing Yang, Ziyao Yuan, Dan Shi, Xin Jiang	2018 年 34 卷 2398 页	2018-04-23	姜辛	贾心怡、 黄楠、 郭宇宁、 刘鲁生、 李鹏、 翟朝峰、 杨兵、 袁子尧、 史丹	25	Web of Science	是
合 计						109		

#### 7、主要完成人

姓名	排名	技术职称	完成情况	工作单位
熊鹰	1	教授	西南科技大学	西南科技大学
黄楠	2	研究员	中国科学院金属研究所	中国科学院金属研究所
王兵	3	教授	西南科技大学	西南科技大学
翟朝峰	4	副研究员	中国科学院金属研究所	中国科学院金属研究所
刘辉强	5	副教授	西南科技大学	西南科技大学

#### 8、主要完成单位

排名	单位名称
1	西南科技大学
2	中国科学院金属研究所