

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：金刚石-石墨复合薄膜：核壳结构纳米片三维构筑与性能调控
- 3、提名者：四川省教育厅
- 4、提名意见：

该项目在国家自然科学基金面上项目、国防科工局基础科研项目的资助下，历时十余年研究，率先提出了基于液态有机小分子制备具有三维垂直网络结构的金刚石-石墨复合薄膜的新方法，深入研究了复合薄膜制备工艺，揭示了复合薄膜中基本结构单位（核壳结构的金刚石-石墨纳米片）的自由基诱导和孪晶晶界诱导生长机制；阐明了金刚石相与石墨相纳米尺度界面的结合力作用机制，建立了复合薄膜中电子输运、发射与界面结构的关联机制，实现了具有优异场发射性能和高稳定电化学储能性能的新一代高性能碳材料的开发。5篇代表性学术论文他引75次。

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2024年度四川省自然科学奖。

5、项目简介

金刚石和石墨是碳材料家族中两个极其重要的同素异形体，具有极端对立的物理化学性质，如极软/超硬，高导电性/高绝缘，窄带隙/宽带隙等。金刚石与石墨在纳米尺度上的复合构筑，有望带来丰富的结构和性质的多样性，为新一代高性能碳材料的可控设计提供了新路径。利用化学气相沉积法（CVD）制备金刚石-石墨复合薄膜是一种常用的技术手段，然而，制备的复合薄膜通常为平面型结构，且 sp^3 杂化金刚石与 sp^2 杂化石墨含量、分布及结合方式可控性差，生长机制尚不明晰，难以发挥金刚石与石墨复合的协同效应。因此，为构筑高性能的金刚石-石墨复合薄膜材料，10余年来，本项目在国家计划项目的连续支持下，聚焦“金刚石-石墨复合薄膜可控构筑与性能调控”关键科学问题，开展了系统的实验和理论研究，取得如下创新成果：

(1) 发展了基于液态有机小分子制备金刚石-石墨复合薄膜的新方法，揭示了复合薄膜中金刚石核-石墨壳纳米片的自由基诱导和孪晶诱导两种生长机理；

(2) 揭示了金刚石核-石墨壳界面范德华力作用下局域电子演变机制，阐明了核-壳结构界面电子输运强化机理；

(3) 探明了三维垂直网络结构的金刚石-石墨复合薄膜生长机理，发现了金刚石核-石墨壳界面弱范德华力作用 sp^2 石墨层间微尺度扩张与 sp^3 金刚石稳定骨架的高能量密度、高稳定性储能机理。

本项目成果发表在 Carbon、Small、Journal of Materials Chemistry C、Journal of Materials Science & Technology 等国内外期刊发表系列相关学术论文，授权多项国家发明专利。5 篇代表作总他引达 75 次，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 Steven Prawer 教授、吉林大学国家超硬重点实验邹广田院士团队和哈尔滨工业大学的长江学者朱嘉琦教授等专家肯定和评价。授权发明专利 33 项。出版相关英文学术专著 2 部。

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 conductive nitrogen-doped ultrananocrystalline diamond films with enhanced field emission properties triethylamine as a new nitrogen source/ Journal of Materials Chemistry C/ Wen Yuan, Liping Fang, Zhen Feng, Zexiang Chen, Jianwu Wen, Ying Xiong, Bing Wang	2016 年 4 卷 4778 页	2016-4-11	熊鹰、王兵	袁稳	袁稳、方利平、冯真、陈泽祥、温建武、熊鹰、王兵	24	Web of Science	否
2	Microstructural modification of	2018 年 87 卷	2018-6-5	熊鹰、	李海宁	李海宁、熊	11	Web of Science	否

	diamond-graphite nanohybrid 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	228-232 页		王兵		鹰、王兵、杨兵、黄楠、刘艳、温建			
3	Battery-like flexible supercapacitors from vertical 3D diamond/graphite composite films on carbon cloth/Carbon /Junjie Long, Lei Guan, Jian Wang, Huiqiang Liu, Bing Wang, Ying Xiong	2022 年 197 卷 400-407 页	2022- 6-7	王兵、熊鹰	龙俊杰	龙俊杰、官磊、汪建、刘辉强、王兵、熊鹰	11	Web of Science	否
4	Insight into the Effect of the Core-Shell Microstructure on the Electrochemical Properties of Undoped 3D Networked Conductive Diamond/Graphite / Journal of Physical Chemistry C / Zhaofeng Zhai, Nan Huang, Bing Yang, Chun Wang, Lusheng Liu, Jianhang Qiu, Dan Shi, Ziyao Yuan, Zhigang Lu, Haozhe Song, Meiqi Zhou, Bin Chen, Xin Jiang	2019 年 123 卷 6018- 6029 页	2019- 2-21	黄楠, 姜辛	翟朝峰	翟朝峰、黄楠、杨兵、王春、刘鲁生、邱建航、史丹、袁子尧、卢志刚、宋昊哲、周美琪、陈滨、姜辛	12	Web of Science	是
5	Growth behavior of CVD diamond films	2018 年 34 卷	2018- 4-23	姜辛	贾心怡、	贾心怡、黄	21	Web of Science	是

	with enhanced electron field emission properties over a wide range of experimental parameters / Journal of Materials Science & Technology/ Xinyi Jia, Nan Huang, Yuning Guo, Lusheng Liu, Peng Li, Zhaofeng Zhai, Bing Yang, Ziyao Yuan, Dan Shi, Xin Jiang	2398 - 2406 页			黄楠	楠、郭宇宁、刘鲁生、李鹏、翟朝峰、杨兵、袁子尧、史丹、姜辛			
--	---	---------------	--	--	----	-------------------------------	--	--	--

7、主要完成人

姓名	排名	技术职称	完成单位	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