DOI: 10.11858/gywlxb.20261153

高压下的碳材料 • 前言

碳是自然界中分布最为广泛、结构形态最为丰富的元素之一。碳元素凭借其独特的电子构型,可形成 sp、sp^2、sp^3 等多种杂化成键方式,构成零维到三维的丰富同素异形体,展现出令人惊叹的物性可调性。正因如此,碳材料始终处于凝聚态物理、材料科学与高压科学交叉研究的核心位置。

压强作为决定物质状态的基本热力学参量,在碳材料研究中的地位尤为独特。早在 20 世纪中叶,高压技术便在碳材料领域实现了里程碑式的突破:高温高压条件下石墨向金刚石的转变被成功实现,这一被称为“人造钻石技术”的成就不仅催生了数十亿美元量级的超硬材料产业,更深刻验证了高压可以跨越化学键能垒、驱动物质结构重构的科学预言。从那时起,高压便成为探索碳材料新结构、新物性的强大引擎。

21 世纪以来,高压实验技术的革新使碳材料研究超越“石墨-金刚石”经典范式,步入结构调控与新结构创制的新阶段。高压能精准剪裁碳的成键网络:冷压驱动 sp^2-sp^3 杂化转变,获得与金刚石相媲美的硬度;热压则合成兼具优异力、电、光性能的新型碳块体材料。高压在低维碳体系研究中尤为显著,催生了二维金刚石及复合相等系列新物相。我国学者在该领域,从晶界工程到大尺寸非晶碳制备,已取得系列原创成果,建立起显著的学术高地。

然而,高压下碳材料的相变路径复杂、中间态丰富,不同合成路径(冷压与热压、静压与冲击波等)可导向截然不同的产物结构,这既是挑战,也是机遇。如何在非平衡相变路径中实现可控制备、如何理解 sp^2/sp^3 杂化共存的微观机制并据此设计多功能材料,仍是亟待深入探索的前沿课题。

为了更好地展示高压技术在碳材料研究中的最新进展与广阔前景,本专题汇聚了该领域多位专家和学者的研究成果,涵盖高压碳材料的结构相变、新奇物性探索以及大尺寸制备等诸多方面。希望本专题能够抛砖引玉,吸引更多高压领域的年轻学者投身碳材料研究,共同推动这一经典而又常新的领域不断前行。最后,谨向为本专题筹备和撰写做出贡献的所有学者同仁致以诚挚的感谢!

姚明光 王 霖
吉林大学 燕山大学
2026 年 8 月 22 日

专刊主编



姚明光，吉林大学唐敖庆学者卓越教授，博士生导师，国家杰出青年科学基金获得者。现任吉林省物理学会常务理事，中国物理学会光散射学会专业委员会委员、中国晶体学会宝石专业委员会委员、《高压物理学报》编委，National Science Review 编辑组成员、Materials Science and Engineering B 编辑等。长期从事高压下碳的新结构与性质研究，在碳材料的高压结构相变机理、新型碳材料与超硬材料研究及高压实验技术发展方面取得系列进展，成果以第一/通讯作者发表在 Nature、Nat. Mater.、Nat. Commun.、PRL、Adv. Mater.、JACS 等期刊，其中近全 sp^3 非晶碳的成果被 Nature 亮点评述为“材料领域的突破”。获国家自然科学二等奖（排名 2)、吉林省自然科学一等奖 (排名 2)、中国材料研究学会科学技术奖一等奖 (排名 2)、吉林省青年科技奖等奖励。



王霖，教授，博士生导师，长江学者，国家引进海外高层次（青年）人才。曾任中国材料学会空间材料分会副理事长、中国材料学会极端条件材料与器件分会委员、被聘为载人航天工程空间科学与应用领域空间材料科学专家组专家、《National Science Review》材料工作组成员、《Nano Research》青年编委、《Matter and Radiation at Extremes》高压方向客座编辑和《Functional Diamond》助理编辑。长期从事材料科学研究，在高压相结构、高压超导电性、压致变色等方面取得了系统性的创新成果。在 Rev. Mod. Phys.、Science、Phys. Rev. Lett.、Adv. Mater.等期刊发表 SCI 论文 200 余篇，被引用 8 000 余次。作为国家自然科学基金基础科学中心项目的 PI 之一，主持国家自然科学基金重大项目课题、国家海外高层次人才引进计划青年项目、国家自然科学基金面上项目和青年项目、河北省高端人才支持计划项目等。