

人工晶体的创新发展、极限制备与应用

苏良碧¹, 于浩海², 吴少凡³

(1. 中国科学院上海硅酸盐研究所, 上海 201899; 2. 山东大学, 济南 250100;

3. 中国科学院福建物质结构研究所, 福州 350002)

关键词: 人工晶体; 晶体生长; 晶体缺陷; 固态激光; 半导体材料

中图分类号: O77, O78 **文献标志码:** A **文章编号:** 0454-5648(2025)12-3433-02

人类自古以来就被天然晶体的规则外形和耀眼光泽所吸引。在现代表征手段诞生之前, 人们已经通过研究天然晶体, 构建起矿物学和结晶学的数学基础。人工晶体是通过人工合成方法制备的具有特定成分与结构的晶体, 是纯度最高、结构最完整、性能最独特的一类功能材料。它作为材料微观结构的研究平台, 催生出 X 射线衍射、中子散射等结构解析新方法, 不断深化人类对世界微观本质的认知。同时, 人工晶体作为核心功能材料, 在激光、半导体、医学诊疗等划时代技术的诞生与发展过程中发挥了关键作用, 是支撑集成电路、电子元器件、新型显示等战略新兴产业发展的关键基础材料。

当今时代的科学研究正向极宏观拓展、向极微观深入、向极端条件迈进、向极综合交叉发力, 深空探测、超强激光、国防安全等重大需求领域的技术革新更是持续挑战功能材料的尺寸与性能极限。在需求牵引和技术进步的双轮驱动下, 人工晶体发展已经迈入向“极大尺寸”“极低缺陷”“极限性能”和“极端应用”新阶段。例如: KDP、BGO、蓝宝石等晶体在单一维度的尺寸已经突破一米, 为激光聚变、暗物质探测、战略装备发展提供了核心材料保障; 硅单晶、锗单晶的缺陷控制已经实现了“近零位错”, 持续支撑集成电路与电子元器件的性能提升; 新型非线性光学晶体持

续涌现, 推动激光波长不断向深紫外、中远红外乃至太赫兹波段拓展。

人工晶体尺寸与品质的突破不仅依赖于晶体生长技术的进步, 更需要晶体生长和晶体缺陷理论研究的创新。本专题有幸邀请了来自浙江大学、山东大学、中山大学、上海应用技术大学、中国科学院上海微系统与信息技术研究所、中国科学院福建物质结构研究所、中国科学院新疆理化技术研究所等高校和研究所的专家学者, 围绕“大尺寸高品质人工晶体制备与应用”主题撰写了专题论文, 研究内容包含硅单晶缺陷研究、铌酸锂晶体生长界面原位诊断与大尺寸制备、铌酸镱镧体系非线性光学晶体研制、 Dy^{3+} 掺杂 $\text{GdMgB}_5\text{O}_{10}$ 和 Er^{3+} 掺杂 GGG/LuGG 晶体生长与激光性能、 Er^{3+} 掺杂 YSZ 晶体生长表征等方面, 构成本专题的主要内容框架。本专题包括 3 篇综述论文和 5 篇研究论文, 涵盖晶体生长界面基础研究、晶体生长关键技术、新型激光与非线性光学晶体创制与应用等领域, 展现了极大尺寸、极低缺陷发展趋势为人工晶体制备技术带来的变革, 以及新型光电功能晶体材料对激光技术发展的支撑作用。最后, 由衷感谢为本专题贡献高质量论文的专家学者, 以及参与审稿和编辑工作的各位专家。希望本专题内容可以为我国人工晶体领域的科学研究、应用突破与产业发展提供参考。

Innovation-Driven Development of Artificial Crystals: Synthesis Pushing Limit and Applications

SU Liangbi¹, YU Haohai², WU Shaofan³

(1. Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200899; 2. Shandong University, Jinan 250100;
3. Fujian Institute of Research on the Structure of Matter, Chinese Academy of Sciences, Fuzhou 350108)

Keywords: artificial crystal; crystal growth; crystal defect; solid-state laser; semiconductor material

※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※



苏良碧，研究员，博士生导师，2019 年获国家杰出青年科学基金。现任中国科学院上海硅酸盐研究所所长，功能晶体与器件全国重点实验室主任，兼任中国硅酸盐学会副理事长，上海市硅酸盐学会理事长，中国稀土学会和中国晶体学会理事。长期从事激光与光学功能晶体材料研究，在激光晶体材料创制、晶体生长方法创新和服务国家重大需求等方面取得重要研究成果。所研制的光功能晶体材料在超强超快激光、集成电路装备、空间探测等领域实现应用，相关成套技术及知识产权成功实施科研成果转化和产业化应用。担任《人工晶体学报》副主编，美国 *Applied Optics* 期刊专题编辑，《无机材料学报》、《硅酸盐学报》、《中国激光》等期刊编委。



于浩海，教授，博士生导师，国家杰出青年基金获得者，现任山东大学晶体材料研究院院长。长期从事激光与非线性光学晶体生长和应用研究。先后主持承担了国家自然科学基金重大项目课题、杰出青年基金、优秀青年基金、区域联合重点项目。在 *Nat. Phys.*, *Nat. Commun.*, *Adv. Mater.* 等高水平期刊上发表 SCI 论文 200 余篇，授权发明专利 20 余项，1 项成果转让并实现产业化。获 2023 年度山东省自然科学一等奖 1 项（排名第一）。



吴少凡，二级研究员、博士生导师，科技部重点研发计划项目首席科学家，入选福建省 A 类高层次人才、科技创新领军人才、百千万人才工程。《人工晶体学报》编委。现任中国科学院福建物质结构研究所所务委员，国家光电子晶体材料工程技术研究中心副主任、中国晶体学会常务理事、副秘书长。主要从事光电晶体材料与器件的探索和工程化制备技术研究，开发出多种激光、闪烁、磁光等新型晶体材料。作为第一完成人，获 2004、2020 年度福建省科技进步二等奖；作为第三完成人，获 2011 年国家科技进步奖二等奖，2000、2007 年福建省科技进步一等奖；2005 年获福建青年科技奖、运盛青年科技奖，2009 年获中国石化协会青年科技突出贡献奖称号。