

透明陶瓷闪耀光技术的未来

李 江¹, 王 皓², 齐建起³

(1. 中国科学院上海硅酸盐研究所透明陶瓷研究中心, 上海 201899;

2. 武汉理工大学, 材料复合新技术国家重点实验室, 武汉 430070; 3. 四川大学物理学院, 成都 610064)

关键词: 透明陶瓷; 光学材料; 结构功能一体化; 光技术

中图分类号: TQ15 文献标志码: A 文章编号: 0454-5648(2024)03-00737-02

光技术的发展充分体现出“一代材料、一代器件、一代技术”, 其中, 光学材料是科学前沿大科学与工程与民生装备的基础与核心组成部分。透明陶瓷是一种能透过特定波段光线并清晰成像的陶瓷, 属于多晶无机光学材料范畴。与传统的光学晶体和光学玻璃相比, 透明陶瓷不但具有结构陶瓷的高强度、高硬度、耐磨耐腐蚀特性, 还在制备成本、尺寸以及光功能效应和热性能方面具有优势; 尤其是可以采用陶瓷的近净尺寸制备技术, 按照实际应用需求, 设计特殊的复合结构和复杂构型, 从而为光功能系统设计提供极大的灵活性。根据材料特性, 透明陶瓷可分为光学透明陶瓷和光功能透明陶瓷, 前者包括紫外、可见和红外波段透光的透明陶瓷; 后者包括激光、闪烁、磁光、电光、荧光和长余辉发光透明陶瓷等。由于其优异的性能, 透明陶瓷在红外光学窗口/导引头整流罩、固体激光器、光调制/光隔离器、核医学成像、高能粒子探测、高亮度照明/显示、光学信息存储等领域有着重要的实际和潜在应用。

美国、日本和欧洲的研究机构在透明陶瓷的研究与应用领域居于领先地位, 近年来的研发工作主要集中于大尺寸和复杂形状的尖晶石型透明陶瓷光学窗口、超低光学损耗和高光学均匀性的 YAG 基激光陶瓷、X-CT 用高光输出和低余辉的闪烁陶瓷、光隔离/调制器用磁光/电光陶瓷以及高亮度照明/显示用荧光陶瓷等方面。中国透明陶瓷的研究与应用领域发展迅猛, 部分方向甚至已经出现逼近和赶超态势。然后, 我们也必须看到总体上与国际一流水

平尚有一定的差距。具体表现在: 1) 用于透明陶瓷制备的高品质粉体较为缺乏; 2) 透明陶瓷的最大可制备尺寸相对较小; 3) 透明陶瓷的光学质量相对较差; 4) 透明陶瓷的综合性能与国外最好水平相比仍存在差距; 5) 透明陶瓷服役性性能的评估还不够充分等。此外, 中国在透明陶瓷领域的多数研究尚处于实验室研发或者小批量试制阶段, 以跟踪性研究为主, 材料体系创新不足; 在产业规模较大的透明陶瓷装甲、激光陶瓷、闪烁陶瓷以及磁光陶瓷方面, 尚没有形成系列化货架产品。更重要的是, 中国透明陶瓷的相关研究缺乏对应用需求的深度理解, 较少针对应用需求系统地优化其性能, 从而导致材料发展水平难以跟上器件以及系统未来发展的步伐。

为加速推进透明陶瓷科学与技术的发展, 亟需挖掘该领域深层次科学问题, 开发具有中国自主知识产权的透明陶瓷以及面向大尺度、复杂构型、复合结构、多功能化等方向发展的关联技术。基于此, 我们邀请了来自武汉理工大学、四川大学、厦门大学、东北大学、宁波大学、大连海事大学、江苏师范大学、景德镇陶瓷大学、吉林大学、南昌大学、上海应用技术大学、山东大学、深圳技术大学、上海海事大学、信阳师范大学、西南科技大学、中国科学院上海硅酸盐研究所、中国科学院福建物质结构研究所、中国科学院上海光学精密机械研究所、中国科学院理化技术研究所、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、松山湖材料实验室等单位的专家学者对透明陶瓷科学与技术领域的最新进展进行了详细介绍, 形成了本专题的

主要内容框架。本专题包括 15 篇综述文章和 19 篇研究性文章,涉及的研究对象包括窗口/装甲用透明陶瓷、激光陶瓷、闪烁陶瓷、荧光陶瓷、磁光陶瓷、电光陶瓷、铁电透明陶瓷、长余辉发光陶瓷、高折射透明陶瓷以及高熵透明陶瓷等,并介绍了透明陶瓷材料在诸多领域的具体应用,代表了透明陶瓷科学与技术

领域国内外最新的研究现状和发展趋势,相信将对该领域的科研工作者和研究生等具有很好的参考价值。

最后,衷心感谢各位作者、审稿专家和编辑对本专题的无私奉献。希望本专题内容可以为高性能透明陶瓷的开发和产业化应用提供理论指导和参考,促进中国透明陶瓷行业的健康、可持续发展。

Transparent Ceramics Sparkling Future of Optical Technology

LI Jiang¹, WANG Hao², QI Jianqi³

(1. Transparent Ceramics Research Center, Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201899, China; 2. State Key Laboratory of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China; 3. College of Physics, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Keywords: transparent ceramics; optical materials; integration of structure and function; optical technology

※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※



李江,中国科学院上海硅酸盐研究所研究员、博士生导师,透明陶瓷研究中心副主任,国家重点研发计划项目首席科学家(2023 年)。现任美国陶瓷学会期刊 *Journal of the American Ceramic Society* 副主编、*International Journal of Applied Ceramic Technology* 副主编, *Journal of Advanced Ceramics*、*Magnetochemistry*、《无机材料学报》、《现代技术陶瓷》、《人工晶体学报》、《功能材料与器件学报》等期刊编委,兼任中国硅酸盐学会溶胶-凝胶分会常务理事、中国机械工程学会工程陶瓷专业委员会理事、中国硅酸盐学会特种陶瓷分会理事、中国硅酸盐学会测试技术分会理事、中国稀土学会陶瓷专业委员会委员等。主要从事光学与光功能透明陶瓷(包括激光陶瓷、闪烁陶瓷、磁光陶瓷、荧光陶瓷、透明陶瓷光学窗口/镜头、长余辉发光陶瓷等)的研究。连续 3 年入选美国斯坦福大学发布的“终身科学影响力排行榜”(全球前 2% 顶尖科学家榜单)。受邀在国内外重要学术会议上作邀请报告 60 余次(20 余次担任分会主席)。以项目负责人承担国家、省部级项目 20 余项。在国内外重要学术期刊上发表论文 420 余篇(第一/通讯作者 250 余篇);合著(译)学术专著 3 部;参与 2 部英文专著部分章节的撰写;授权中国发明专利 25 项。



王皓,武汉理工大学材料复合新技术国家重点实验室研究员、博士生导师,享受国务院政府特殊津贴、湖北省政府专项津贴。现任 *Journal of the American Ceramic Society* 副主编、*Journal of Asian Ceramic Societies* 副主编。目前主要从事高性能透明结构陶瓷、新型光功能化透明陶瓷等研究。以项目负责人承担国家、省部级科研项目 20 余项;以主要完成人获国家技术发明二等奖、国家科技进步三等奖等国家及省部级科技成果奖励 8 项;是湖北省青年科技奖、中国硅酸盐学会青年科技奖、湖北青年五四奖章获得者、“湖北省优秀博士学位论文”指导教师。受邀在国内外重要学术会议上作邀请报告 40 余次(30 余次担任分会主席);在国内外重要学术期刊上发表学术论文 200 余篇;以第一发明人获授权国家发明专利 17 项。



齐建起,四川大学物理学院教授、博士生导师,物理系副主任,辐射物理及技术教育部重点实验室副主任。目前主要研究方向有:1) 特种陶瓷材料(透明陶瓷和核能陶瓷等)设计与制备;2) 极端条件(高温、高压、强冲击和辐射环境等)材料服役性能研究;3) 材料体系和微结构设计及服役性能调控。先后承担国家自然科学基金(联合基金重点项目、联合基金培育项目和青年基金等)、国家重点研发项目课题,四川省科技计划项目等 20 余项项目,在 *Journal of Physical Chemistry Letters*, *ACS Applied Materials and Interfaces*, *Applied Physics Letters*, *Journal of the European Ceramic Society*, *Journal of the American Ceramic Society* 和 *Scripta Materialia* 等期刊发表学术论文 180 余篇,参与申请发明专利 20 余项,曾获得四川省科技进步二等奖等奖励。现为中国硅酸盐学会特陶分会理事、特陶青年工作委员会副主任、中国硅酸盐学会测试分会理事、中国材料研究学会极端材料与器件分会委员等,担任 *Journal of Advanced Ceramics*、*Journal of Rare Earths*、《发光学报》、《中国稀土学报》、《现代技术陶瓷》、《硅酸盐通报》等学术期刊的编委会成员。