

---

# 基于增材制造的碳化硅反射镜制备技术

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41392.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

## 基于增材制造的碳化硅反射镜制备技术。 导读

近期，中国科学院长春光学精密机械与物理研究所光学系统先进制造全国重点实验室张舸研究员团队和中国科学院空间应用工程与技术中心王功研究员团队合作在Light: Advanced Manufacturing发表了题为Binder Jetting Additive Manufacturing of High-Performance Silicon Carbide Optical Mirrors via graphite addition method的研究论文。

该研究创新性提出石墨/碳化硅复合粉体组分设计策略，突破了粘结剂喷射增材制造中碳化硅颗粒流动性差与物相调控难的双重瓶颈：通过引入石墨显著降低成型过程颗粒间摩擦力，并在致密化过程促进游离硅向次生碳化硅的物相演变。基于该方法，研究团队探索了石墨形貌、尺寸对复合粉末流动性的影响，结果显示：与微米石墨颗粒、纳米石墨颗粒、碳纤维等原材料对比中，片层石墨对20  $\mu\text{m}$ 碳化硅粉末具有更高的润滑作用，能够保证碳化硅镜体全链路制备尺寸变形量低于1%，经加工后光学表面面形精度优于 $\lambda/50$  RMS ( $\lambda=632.8\text{ nm}$ )，粗糙度为0.772 nm。该研究为增材制造碳化硅陶瓷性能强化奠定了理论基础，对复杂结构碳化硅光学反射镜高精度研制具有指导意义。

碳化硅陶瓷具有高强度、高模量、高导热等优异性能，是空间光学反射镜的最佳候选材料。随着空间光学遥感系统朝着更高集成化方面发展，要求碳化硅反射镜结构更加复杂化。然而，传统成型工艺在制备复杂构型碳化硅反射镜方面存在难以突破的技术瓶颈，亟待发展新型制备技术，以支撑高分辨率空间光学系统的跨越式发展。

增材制造技术基于逐层离散堆积的原理，突破了传统成型方式的限制，为复杂结构碳化硅反射镜的研制带来颠覆性技术变革。其中，粘结剂喷射成型增材制造技术在实现碳化硅陶瓷高精度制备方面展现出显著潜力，但碳化硅颗粒通常呈现棱角状或板条状形貌，颗粒间摩擦力大，难以实现紧密堆积，这也成为导致反射镜中游离硅含量偏高、制约其服役性能的关键因素之一。

石墨具有层状晶体结构，是一种常见的固体润滑材料。同时，石墨还能作为反应物促进游离硅转化为次生碳化硅。因此，本研究巧妙的发挥了石墨在增材制造碳化硅陶瓷中的双重积极作用，探究了石墨形貌与尺寸对复合粉末流动性的影响，揭示了石墨/碳化硅复合粉体在增材制造过程中对游离硅含量的调控机制。实验结果表明，该方法可使游离硅含量从降低18.18% (53.64%→35.46%)，并显著提升反射镜的综合性能，为高性能空间光学反射镜的研制奠定了关键技术基础。

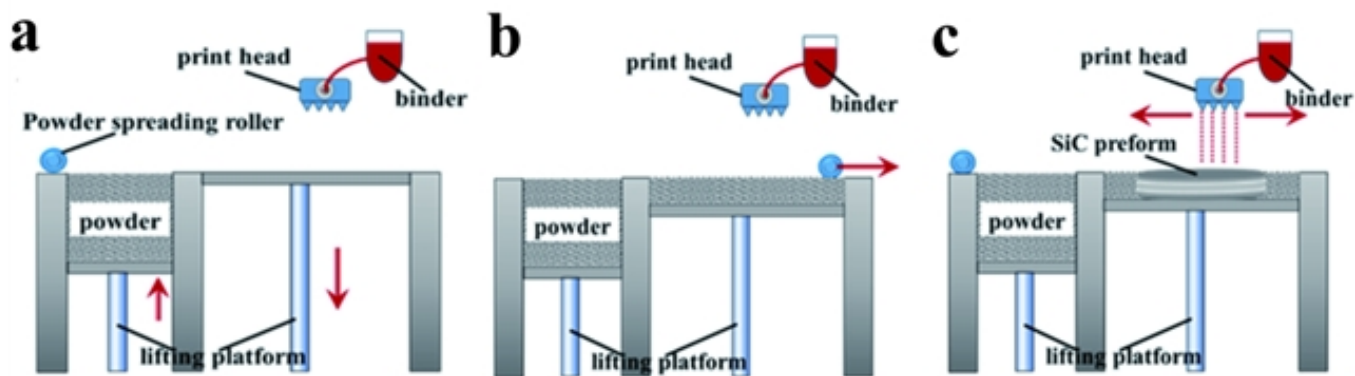


图1：粘结剂喷射成型技术示意图

研究团队通过石墨/碳化硅复合粉体组分优化，制备了石墨/碳化硅预制体，并结合碳源前驱体浸渍裂解技术，进一步减小碳化硅陶瓷中游离硅含量。相比于单一碳化硅粉体，复合粉体增材制造碳化硅陶瓷中，石墨促进部分游离硅转变为次生碳化硅，游离硅含量由53.64%降低至35.46%。经反应熔渗烧结后的显微组织结构演化如图2所示。

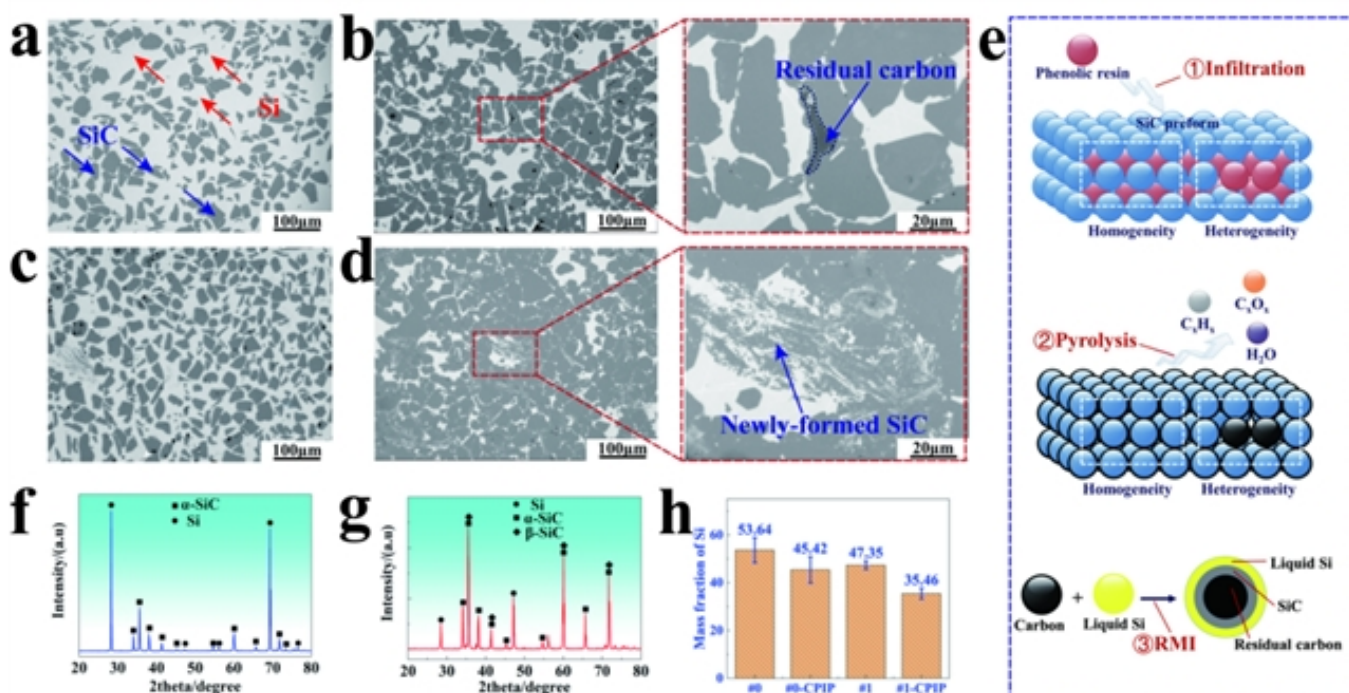


图2：碳化硅显微组织结构演化示意图

研究团队通过石墨/碳化硅复合粉末组分设计结合碳源前驱体浸渍裂解方法，实现了碳化硅反射镜的控形控性研制。拓扑结构碳化硅反射镜全链路制备后其沿X、Y和Z方向的尺寸变化率分别为0.11%，0.49%和0.28%。同时，其弯曲强度、弹性模量和热导率分别达到268.37 MPa，329.93 GPa和127.01 W/(m · K)。最终，基于增材制造的拓扑结构碳化硅反射镜光学性能如图3所示。

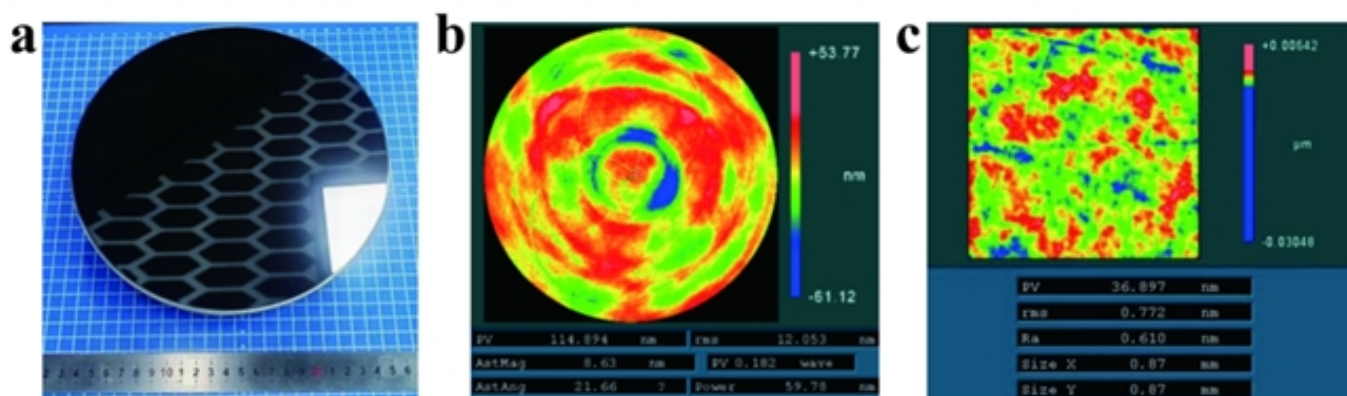


图3：反射镜光学性能分析

### 总结与展望

本研究创新性提出复合粉体组分设计与碳源前驱体浸渍裂解相协同调控技术，成功验证了粘结剂喷射成型增材制造技术在制备碳化硅光学反射镜方面的可行性，实现了对反射镜结构与性能的精准调控，为复杂构型光学反射镜的制备提供了重要理论指导。该技术的突破显著提升了碳化硅反射镜在精度控制、轻量化设计与功能集成等方面的综合能力，为其在高性能光学系统、高灵敏度探测、高能X射线反射镜等前沿领域的广泛应用奠定了关键基础，具有重要的科研价值与工程应用前景。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.37188/lam.2026.025>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：张舸等 来源：《光：先进制造》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发