
基于多孔材料的全二氧化硅紫外激光薄膜

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41430.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！

基于多孔材料的全二氧化硅紫外激光薄膜。 导读

近期，中国科学院上海光学精密机械研究所邵建达研究员和朱美萍研究员团队在Light: Advanced Manufacturing发表了题为Advanced nanoporous SiO₂ coatings for ultraviolet laser-resistant high-reflection and anti-reflection optics的研究论文。

该研究发展了一种结合等离子体辅助电子束共蒸发与选择性化学刻蚀的多孔SiO₂材料制备方法，适用于大尺寸多层薄膜的制备。基于该方法，研究团队设计并制备了全SiO₂结构的紫外激光高反射薄膜和减反射薄膜。这种新型结构高反射薄膜的高、低折射率层均由宽光学带隙的SiO₂材料构成，有效降低了薄膜的吸收损耗。所制备的高反射薄膜和减反射薄膜在355 nm波长处具有优异的光谱性能与抗激光损伤性能。这一工作为高功率激光薄膜提供了一种简单、经济的制备方案。

随着高功率激光技术的飞速发展，尤其是在惯性约束聚变等前沿领域，对光学薄膜的抗激光损伤能力提出了严格要求。传统光学薄膜通常由高折射率材料（如HfO₂）和低折射率材料（如SiO₂）交替堆叠而成，其中高折射率材料因带隙较窄，易成为激光损伤的薄弱环节，制约了薄膜元件的整体激光耐受能力。

若采用宽光学带隙的SiO₂材料同时构建高折射率层（致密SiO₂）与低折射率层（多孔SiO₂），光学薄膜的激光损伤阈值（Laser-induced damage threshold, LIDT）有望显著提升。多孔薄膜材料的传统制备方法主要包括溶胶-凝胶法和倾斜沉积法。然而，凝胶-凝胶法在制备多层薄膜时易出现严重的膜层开裂现象，而倾斜沉积法在大尺寸元件制备时又会面临均匀性不佳问题。因此，探索适用于大尺寸多层激光薄膜的新型多孔材料制备技术具有重要意义。

本研究发展了基于选择性化学刻蚀混合材料的多孔SiO₂材料制备技术。首先，通过等离子体辅助电子束共蒸发技术沉积Al₂O₃-SiO₂混合物薄膜。随后，利用酸溶液化学刻蚀工艺将混合物层中的Al₂O₃组分去除，只留下折射率可控的多孔SiO₂结构。化学刻蚀过程的示意图如图1所示。

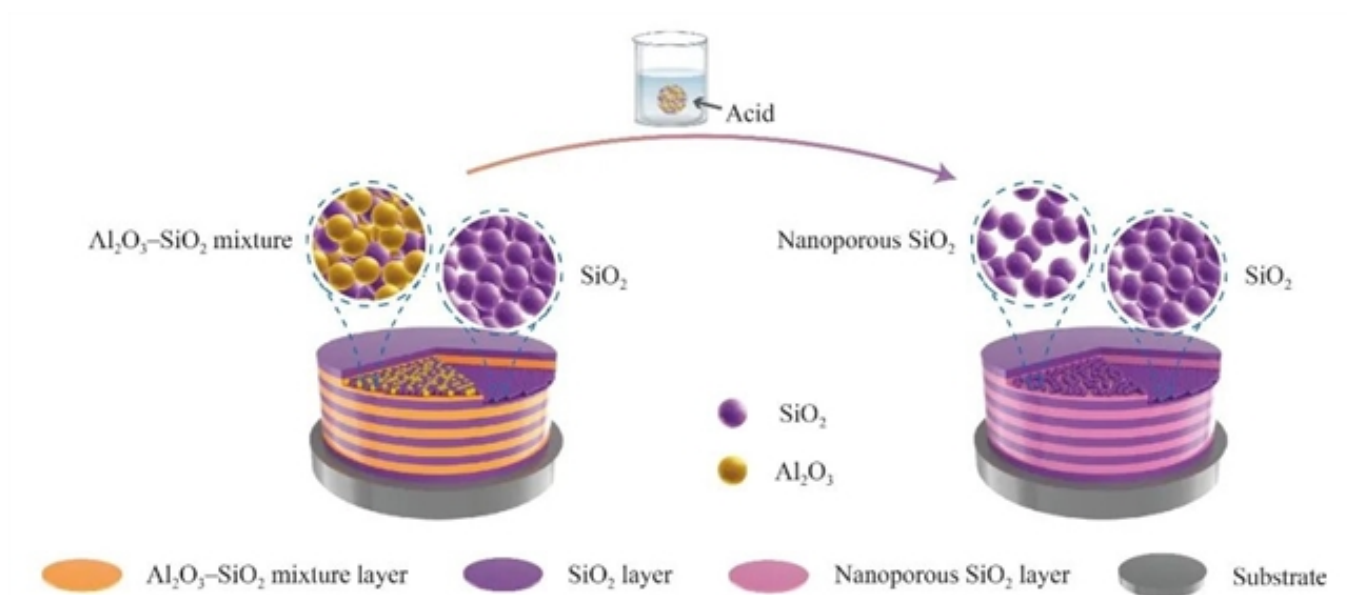


图1：化学刻蚀过程示意图

通过混合比例优化及刻蚀溶液选择，有效提高了刻蚀效率。在此基础上，研究团队成功地在 $200\text{ mm} \times 120\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 的大尺寸熔融石英基底上制备了均匀性良好的多孔SiO₂单层膜，其折射率和厚度均匀性均优于 $\pm 1\%$ ，验证了该方法在大尺寸元件制造的可行性。大尺寸样品的均匀性结果如图2所示。

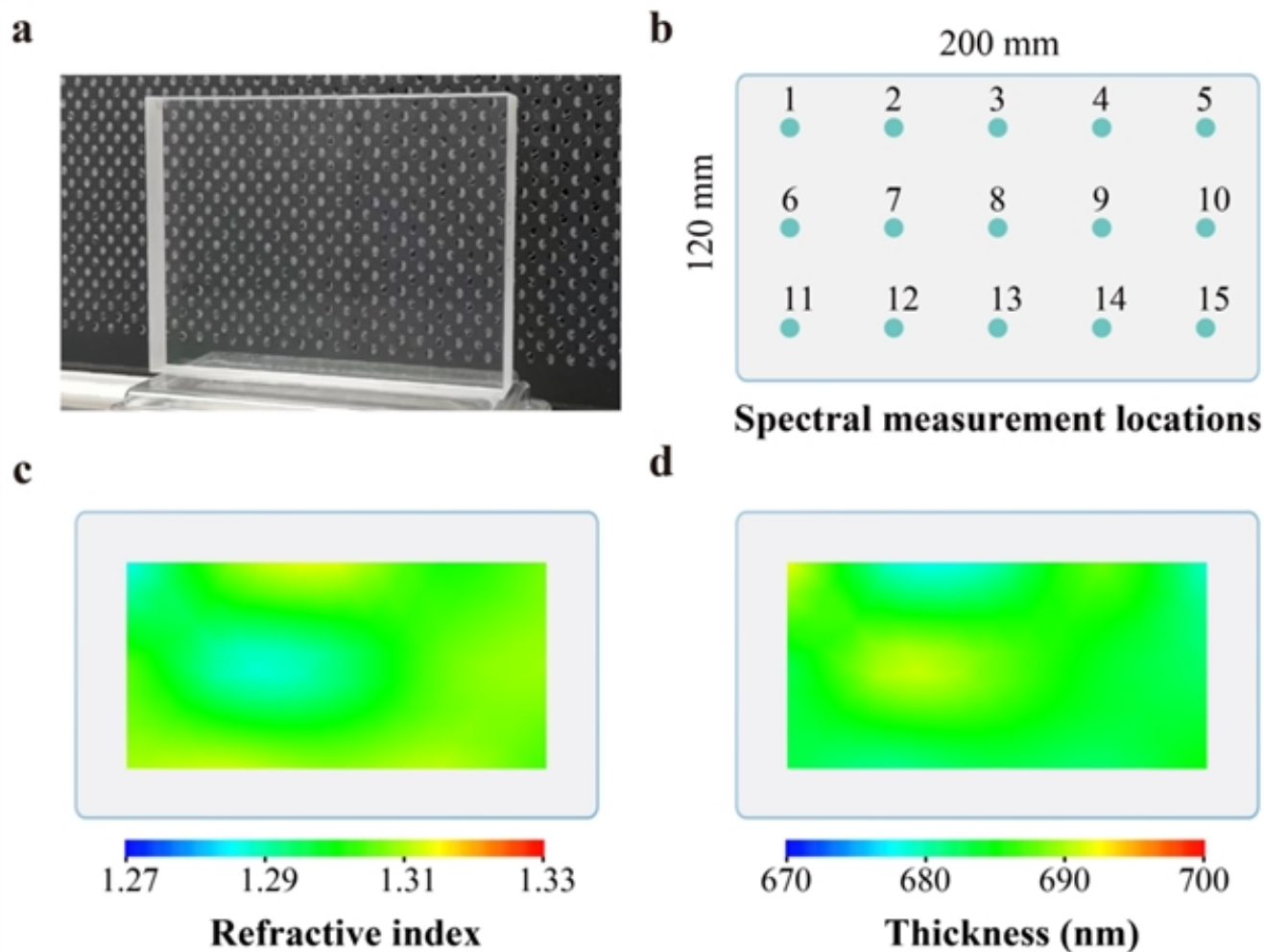


图2：大尺寸样品均匀性

随后，基于该方法制备了全SiO₂结构的高反射薄膜和减反射薄膜，实验证实了多层膜中的Al₂O₃可被完全去除。两种薄膜在355 nm波长处均表现出与熔融石英基底相当的吸收水平（~10 ppm），并具有优异的抗激光损伤能力。其中，减反射薄膜激光损伤阈值高达46.9 J/cm²，甚至超过了熔融石英基底（41.1 J/cm²）。激光薄膜的实物及性能测试结果分别如图3所示。

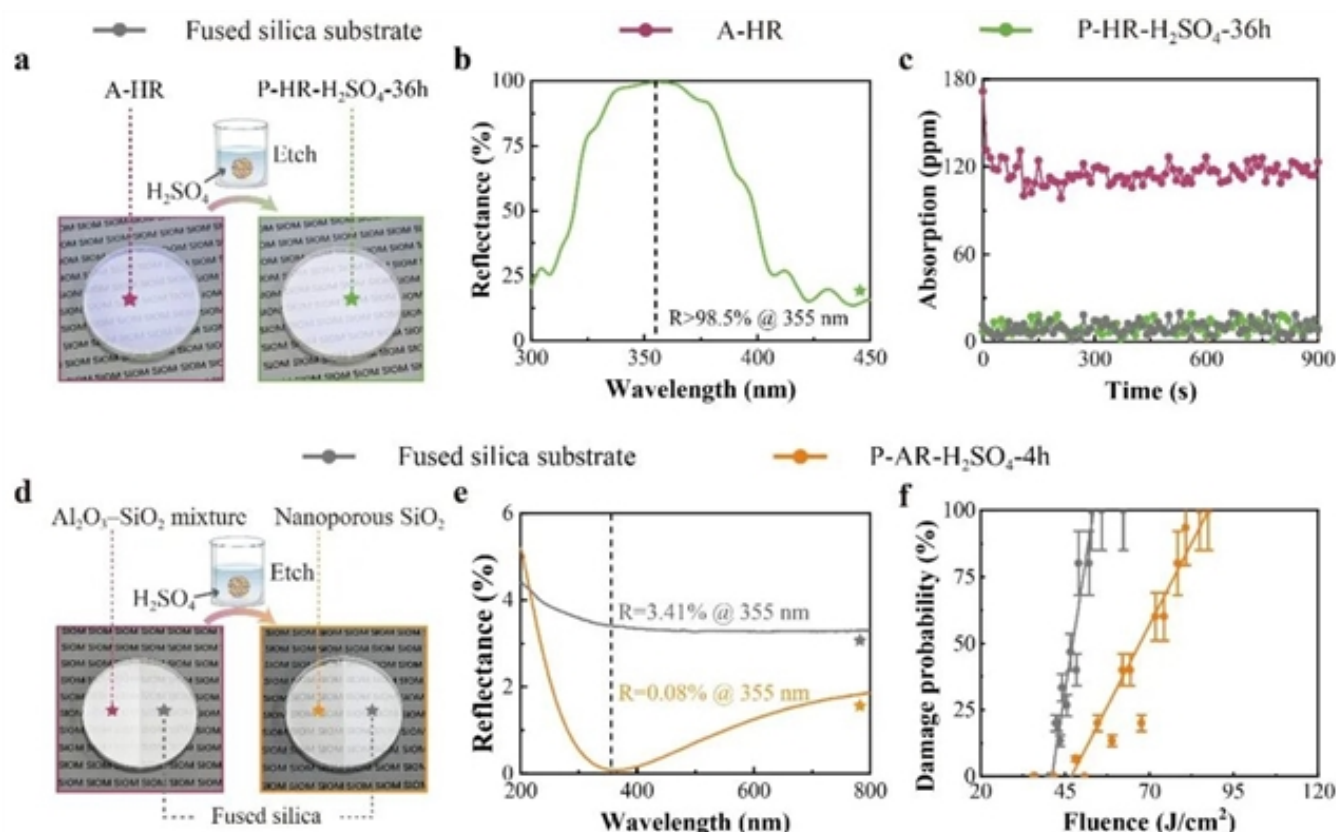


图3：基于多孔SiO₂材料的高反射薄膜与减反射膜

总结与展望

该研究基于新型多孔材料制备技术，开发出全二氧化硅结构的紫外激光薄膜。该薄膜兼具优良的光谱性能和抗激光损伤性能。其中，减反射薄膜的激光损伤阈值甚至超越了熔融石英基底。同时，该方法还可实现大尺寸元件制备。这种成本效益高、可扩展性强的多孔材料制备方案，为未来高功率激光系统中关键薄膜元件的设计和制造提供了新的技术途径。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.37188/lam.2026.041>

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：邵建达等 来源：《光：先进制造》

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

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