

熔石英元件亚表面裂纹的 CO₂ 激光熔融修复微观机制研究

刘志超，许乔*，汪圣飞，谭婷，耿锋，张清华，樊非，王健

中国工程物理研究院激光聚变研究中心，四川省绵阳市绵山路 64 号，邮编 621000

*Email: xuq_rlf@163.com

熔石英元件是一种重要的紫外激光光学元件。传统的机械加工方法不可避免地会在熔石英亚表面造成裂纹。裂纹可以通过多种方式造成激光损伤阈值的降低。其中一种研究认为，裂纹位置聚集了大量点缺陷，有些类型的点缺陷的吸收波段在紫外光区，这些点缺陷会提供额外的初始激发态电子，使得材料更容易通过亚带隙离化吸收激光能量，进而导致损伤。通过高温使材料结构发生变化，从而消除点缺陷，宏观上表现为裂纹的愈合，例如高温退火、激光融合等。石英材料对中远红外长波段具有较强吸收而产生明显的热效应。因此，10.6 μm波长的CO₂激光常作为熔融石英材料的光源使用，例如激光抛光^[1-3]和损伤点修复^[4]。亚表面裂纹激光熔融后愈合效果、裂纹处点缺陷的演变规律以及对激光损伤的影响作用研究并不多见，相关的作用机制并不清晰。加强这方面的研究，对于CO₂激光熔石英裂纹缺陷抑制技术的发展具有重要的指导作用。本项工作利用CO₂激光对熔石英亚表面裂纹愈合作用影响进行了研究，验证了激光对裂纹的愈合效果，通过荧光发射光谱辨识出了裂纹的点缺陷类型及分布特点，发现了激光熔融前后点缺陷类型分布的变化规律及内在物理机制，并通过激光损伤实验确定了激光损伤阈值与点缺陷特征之间的关联关系。

关键词：熔石英；激光熔融；点缺陷；激光损伤

参考文献

- [1] Heidrich S , Richmann A , Schmitz P , et al. Optics manufacturing by laser radiation, *Optics & Lasers in Engineering*, 59:34-40(2014).
- [2] Christian W , Emrah U , Andreas S , et al. Glass processing with pulsed CO₂ laser radiation, *Applied Optics*, 56(4):777-783(2017).
- [3] Heidrich S , Willenborg E , Weingarten C , et al. Laser polishing and laser form correction of fused silica optics, *Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik*, 46(7):668-674(2015).
- [4] Tan C , Zhao L , Chen M , et al. Experimental and theoretical investigation of localized CO₂ laser interaction with fused silica during the process of surface damage mitigation, *Results in Physics*, 16:102936(2020).

*第一作者（报告人）联系方式：刘志超、18108052021、zcliu44@163.com