

激光剥蚀多接收等离子体质谱测定锆石 Zr 同位素组成

张文¹, 胡兆初¹, 罗涛¹, 冯兰平¹

(1. 中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验, 武汉 430074)

摘要: 本研究首次采用激光剥蚀系统和多接收等离子体质谱串联开展锆石微区 Zr 同位素组成分析测试工作。实现在 15 μm 尺度上准确测定锆石 $\delta^{94/90}\text{Zr}$ 的方法。对天然锆石标样的长期测试结果与热电离质谱测试结果在误差范围内一致。结果表明本研究建立激光微区锆石 Zr 稳定同位素分析技术可以准确地、精细地识别单个锆石颗粒中 Zr 同位素组成变化, 为未来锆石 Zr 稳定同位素的应用提供重要的技术支持。

关键词 锆石; 锆同位素; 激光剥蚀; 多接收等离子体质谱; 微区分析

Determination of Zr isotopic compositions in zircons using laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry

Zhang Wen¹, Hu Zhaochu¹, Luo Tao¹, Feng Lanping¹

(1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: This study is the first to use laser denudation system and multi-receive plasma mass spectrometry in series to analyze the Zr isotopic composition of zirconia microregions. To develop an accurate method for measuring $\delta^{94/90}\text{Zr}$ of zircon at the 15 μm scale. The long-term test results of natural zircon standard samples are in agreement with the thermal ionization mass spectrometry test results within the error range. The results show that the laser Zr stable isotope analysis technique established in this study can accurately and precisely identify the changes of Zr isotope composition in individual zircon grains, which provides important technical support for the application of zircon stable isotopes in the future.

Keywords: Zircons; Zr isotope; laser ablation; multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry; micro-analysis

前言

锆石是自然界中的一种常见副矿物, 具有良好的物理化学稳定性, 锆石的 U-Pb 年龄、微量元素和 Hf-O 同位素等地球化学信息, 为确定重大地质事件的时空演化提供了重要证据。

岩浆中 Zr 元素含量受到锆石的强烈制约，研究锆石中 Zr 稳定同位素组成，并结合锆石其它地球化学信息，有望成为示踪岩浆分异和大陆地壳演化等重要地球科学问题的重要工具。目前高精度的锆石 Zr 同位素分析主要利用溶液-MC-ICP-MS 方法，提供单个锆石整体的 Zr 同位素组成。但是锆石成因复杂，内部常具有明显的元素及同位素环带分布特征，需要利用微区原位分析测试技术更直接有效地提取和揭示锆石内部地球化学特征。本次研究选择激光剥蚀系统（LA）与多接收等离子体质谱（MC-ICP-MS）联用技术，在国际上首次建立了高空间分辨率高精度的微区原位锆石 Zr 稳定同位素分析测试技术。

1 基本信息

1.1 样品信息

锆石

1.2 测试项目

锆石微区 Zr 同位素组成 ($\delta^{94/90}\text{Zr}$)

1.3 测试仪器

Neptune Plus 多接收等离子体质谱仪

NWRFemto 飞秒激光剥蚀系统

2 样品测试

2.1 样品制备

在双目体视镜下用镊子挑选适量的锆石颗粒固定到双面胶上，选取合适的模具（内径 16mm 或 25.4mm）和透明树脂，将锆石颗粒包埋。树脂凝固后，利用砂纸将锆石 1/3-1/2 最大截面抛出，并进一步抛光到表面平整、光滑，无划痕。抛光好的锆石样品放置于干燥无尘环境备用。

2.2 仪器测试

2.2.1 激光系统采用单点模式，激光束斑为 15 μm ，激光剥蚀速率为 1 Hz，激光能量密度 2.5 J/cm²。激光剥蚀池加入流量为 600mL/min 的氦气。

2.2.2 质谱的 8 个法拉第杯（从 L4 到 H3）被同时用于接收 86Sr⁺，87Sr⁺，88Sr⁺，89Y⁺，90Zr⁺，91Zr⁺，94Zr⁺离子信号，采用 Jet+X 锥组合，10mL/min 氮气被加入到 ICP 中，分析测试采用静态接收模式。

2.2.3 在飞秒激光剥蚀系统中找到拟分析位置，然后在质谱中录入样品名称，开始信号采集。采集信号前 20 秒激光系统关闭，仅接收气体背景信号，20 秒后激光开始剥蚀样品，共剥蚀