

· 简 报 ·

电子探针下锆石等矿物的阴极发光研究

周剑雄, 陈振宇

(中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

中图分类号: P571.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3657(2001)12-0037-02

锆石、独居石等常用测年矿物中常含有多种杂质元素和一些结构缺陷,因而通常具有较好的阴极发光性能。由于在锆石等矿物的阴极发光图像上可以见到环带等其他方法不易见到的一些现象,当它与电子探针中的其他分析方法结合,并应用同位素和微区化学成分研究时,就能全面地揭示出在地质历史、结晶过程或重结晶过程中的温度改变、冷却速率、流体或熔融物析出的细节,以及溶解和重熔等现象,为我们了解和研究锆石的发生、发展史及其母岩的形成演化历史乃至大地构造单元岩浆活动、变质作用和构造演化等地质问题提供极为有用的丰富信息。本文所介绍的电子探针下的阴极发光研究就是一种能完美实现这种结合的极好方法。

矿物阴极射线致发光的图像分析是电子探针中一项非常规的分析技术,目前国内尚未引起足够的注意。笔者曾在20多年前进行过一些探索,最近又在新型的JXA-8800R电子探针上配备了新一代的阴极射线致发光探测器附件,并已对许多具有阴极发光特性的矿物,如锆石、独居石、锡石、白钨矿、石英、方解石等这些具有重要研究意义的矿物进行了初步研究。通过近年来的研究实践,认为在电子探针下对锆石等矿物进行阴极发光的研究具有以下一些特点:

(1)在电子探针下研究阴极射线致发光不仅具有较高的分辨率,有可能从 $\leq 1\mu\text{m}^2$ 的区域上进行观察和光谱测量,还能在理想的条件下,分析测量主要元素和低至 10^{-6} 级目的杂质元素的含量,以分析造成其发光的可能原因。同时还可以把阴极射线致发光的图像观察与透射光或反射光图像观察、背散射电子图像等的观察相结合。不仅有助于阴极射线致发光现象的解释和应用,还可以为晶体的发生和生长历史的研究提供更丰富的信息。(2)由于阴极发光的差异取决于锆石等矿物中的一些痕量元素,而痕量元素的地球化学特点恰恰表现在对地质环境变化的灵敏性上,因此,换一句话说,阴极发光图像可以灵敏地反映地质环境的变化。通过阴极发光图像的分析研究,在多数情况下可以了解锆石的发生、发展史。这对研究地球早期的演化历史、中国陆壳的形成和演化、各大地构造单元岩浆活动、变质作用和构造演化等地质问题具有重大意义。图1、2中的一些锆石阴极发光图像所提供的信息表明,这些锆石的生长具有明显的多期次性,所获信息的确是用其他技术很难获得的。这里还要特别提出的是,在阴极发光图像的观察中,首次发现了锆石晶体生长的扇面现象(图2),这是一个值得进一步深入研究的晶体化学

收稿日期: 2001-09-07; 修订日期: 2001-11-03

地调项目: 中国地质科学院“地质调查中电子探针超微量、痕量分析新方法的研究和应用”(项目编号: DKD9904012)

作者简介: 周剑雄(1941-),男,研究员,从事地质调查方法研究。

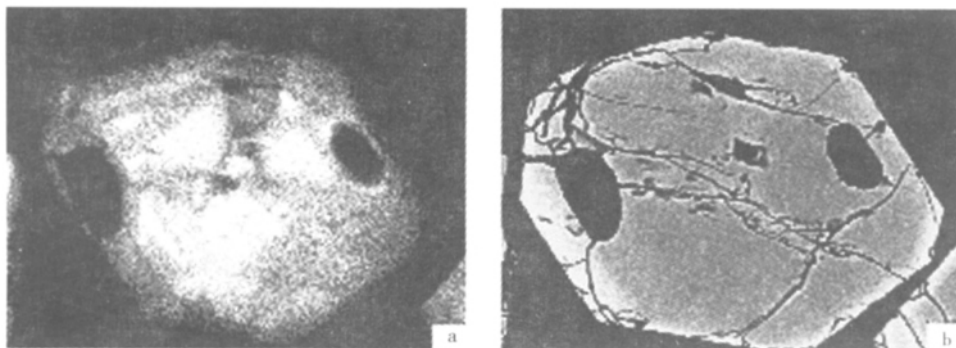


图1 同一个锆石颗粒的阴极发光图像 (a) 和背散射电子图像 (b)

Fig. 1 CL image (a) and BSE image (b) of one zircon grain

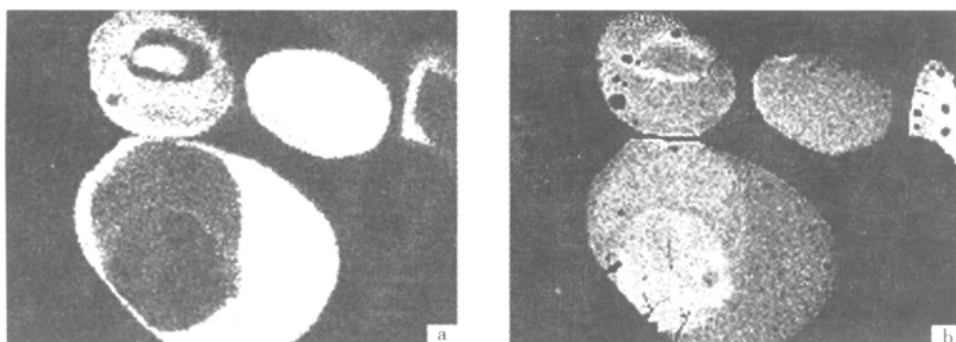


图2 锆石的阴极发光图像 (a) 和背散射电子图像 (b)

Fig. 2 CL image (a) and BSE image (b) of zircons

现象。(3)由于电子探针中对平均原子序数灵敏度极高的背散射电子成分图像可以提供锆石的某些成分信息,在某些情况下,锆石这种图像有时能比其阴极发光图像更清楚地看到其内部结构,并且其空间分辨率通常可比阴极发光图像好一个数量级,因此,背散射电子图像也是锆石观测研究不可缺少的,通常要把两种图像结合起来进行研究。(4)电子探针中的二次电子图像和背散射电子平面图像可以提供锆石表面的形态,包括表面磨光度、磨坑、裂缝、残余磨料等,这对于选择理想的微区分析区域是极为有用的。特别是在寻找一个U-Th-Pb封闭区,避开因铅丢失而带来的测量误差方面有其独特的意义。此外,电子探针中的X射线图像还可以形象地观测锆石内部的元素分布特点。(5)电子探针常规的化学成分分析技术,包括X射线能谱定量分析技术,可以极为方便地分析鉴定锆石中各种类型的包体及其成分特征,如笔者在对某地锆石的分析中,发现了长石、石英、金红石、独居石、锆石、磷灰石等多种包体。(6)电子探针非常规的定量分析方法,如电子探针U-Th-Pb化学测年法,可以实现在一颗数十微米大小的锆石上进行十个、几十个或更多个部位的年龄数据测定,由于这一方法不破坏样品,为使用离子探针获取更准确的年龄数据提供了更好的保证。

上述方法能揭示锆石晶体内部的许多秘密,已被广大地质工作者看做锆石年龄测定前必须采用的研究方法,以避免产生无用的测年数据和造成不必要的浪费。上述方法不仅适用于锆石,还适用于独居石、磷钇矿、磷灰石、褐帘石、钍石和沥青铀矿等富含Th、U的矿物的测年矿物。这种方法若能得到推广应用,将可能研究和解决更广泛的地质问题。