

· 实验矿物岩石地球化学 ·

水晶沿 C 轴向杂质成分剖面 LA-ICP-MS 分析

单双明, 李和平

中国科学院 地球化学研究所 地球深部物质与流体作用实验室, 贵阳 550002

研究表明, 未经高能射线辐照过的石英沿 C 轴向的导电与极化主要由沿轴向通道分布的杂质缺陷 $[Al'-M^s]$ 所致, 其中 Al' 为占正四价晶格硅离子位置的三价铝, M^s 为补偿离子进入 C 轴向通道的正一价质子或碱金属离子。在热激发和电场的共同作用下, 杂质偶极子 $[Al'-M^s]$ 借助 M^s 在轴向通道中的局域迁移使之产生偶极子转向极化和极化电流; 此外, 经杂质缺陷 $[Al'-M^s]$ 电离产生 M^s , M^s 在 C 轴向通道中进行宏观定向迁移产生离子迁移电流。查明石英样品中杂质离子的含量是理解石英导电与极化机制、查明石英晶格杂质缺陷特征的基本前提。

目前最有效的办法是用 LA-ICP-MS 微区微量元素分析法。此法可获得任意方向的杂质浓度剖面。经一定的数学处理, 再结合不同温度压力下实验所得的电导率与介电常数, 可望精确确定石英导电与极化机制的杂质归属和各种杂质缺陷的特征参数。本工作为水热法生产的光学级水晶沿 C 轴向的杂质成分剖面进行 LA-ICP-MS 分析。

实验前, 在不同部位沿 Z 轴方向从水晶中切出宽 15 mm, 厚 2 mm 的三块薄片(长度从晶面到籽晶)。用 1 μ m 的金刚石粉对薄片进行双面打磨, 磨光后依次用低导去离子水清洗 3 次, 稀硝酸浸泡 12 h, 稀硝酸超声 30 min, 去离子水清洗 3 次, 取出, 用纯 Ar 气吹干, 并用滤纸包好待用。实验中采用 He 作为剥蚀物质的载气。用美国国家标准技术研究

院研制的人工合成硅酸盐玻璃标准参考物质 NIST610 对仪器进行校准, 使仪器达到最佳性能, 即具有最大的灵敏度、最小的氧化物产率和最低的背景值。由于 Elan610DRC 离子透镜只有一个, 并且具有 AutoLens (自动离子透镜最佳化) 功能, 所以仪器最佳化过程大为简化, 一般可以在 30 min 内完成。采样方式为点剥蚀, 数据采集选用一个质量峰一点的跳峰方式(peak jumping)。元素含量计算中以 Ca 作为内标, NIST610 作为含量已知的标准物质。本次实验分别在 3 块薄片(a、b、c)上, 从籽晶开始每隔 1.5 mm 一个点, 进行激光剥蚀测定。每块薄片上采集 16 个点, 主要测试了 Li7、Na23、Mg25、Al27、Ca44、Ni60、Cu65、Sr88、Ba137 八种元素的含量。实验用样品中 Ni60、Cu65、Sr88、Ba137 四种杂质基本均在检测限以下, 此外, 影响石英导电性质的杂质主要是碱金属, 而 Al 则是石英中主要的取代离子, 因此, 本工作只考虑 Li、Na 和 Al 三种杂质。

将激光剥蚀数据按离籽晶距离拟合成函数 $y=f(x)$, y 为各剥蚀点某种杂质含量, x 为剥蚀点离籽晶的距离。结果表明, 在晶片(垂直 C 轴)两侧水晶中的各种杂质含量都成很好的对称分布, 而自晶片沿 C 轴向向外的单方向, 各种杂质的加和含量和相对含量均随距晶片距离不同而发生显著变化。

基金项目: 贵州省科学技术基金资助项目(黔科合 J 字[2008]2255)