

单斜铜泡石 {001} 解理面的 AFM 图象*

廖立兵 马哲生 施倪承

(中国地质大学材料科学系, 北京 100083)

关键词 单斜铜泡石 原子力显微镜(AFM) 调幅结构

单斜铜泡石是马哲生等 1980 年发现的一种新矿物^[1], 成分与铜泡石相似, 均为含水的砷酸盐, 晶体化学式为: $\text{Cu}_2\text{Ca}_2[(\text{As}, \text{S})\text{O}_4](\text{OH}, \text{O})_{10} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. 由于发育 {001} 极完全解理, 适合于进行 X 射线单晶结构分析的样品极难获得, 以至于该矿物晶体结构和铜泡石一样至今未知. 原子力显微镜能在正空间直接观察样品表面原子分布, 因此作者用原子力显微镜对单斜铜泡石的表面进行了观察.

1 样品与实验

样品来自云南东川铜矿氧化带, 片状、翠绿色, 发育 {001} 完全解理. Weissenberg 照像研究认为该样品为单斜晶系, 可能的空间群为 $P2/a$ 和 Pa , 晶胞参数为 $a=1.0513 \text{ nm}$, $b=0.558 \text{ nm}$, $c=2.761 \text{ nm}$, $\beta=94.0^\circ$ ^[1].

原子力显微镜实验在中国科学院化学研究所研制的 CSTM-9000 型隧道电流型原子力显微镜上进行. 关于 CSTM-9000 型原子力显微镜参见有关文献. 微悬臂材料采用直径为 0.5 mm 的钨丝, 交流电化学方法制备^[2]. 实验首先在石墨标样表面进行, 得到原子级分辨率图象后再换上待测样品, 在相同实验条件下扫描直至获得样品表面的原子结构图象.

2 实验结果讨论

图 1 是实验得到的单斜铜泡石 {001} 解理面的原子结构图象. 根据实测的原子间距及 X 射线研究结果, 单斜铜泡石晶胞应取图 1 上的 ABCD, $AB \approx 0.55 \text{ nm}$, $BC \approx 1.04 \text{ nm}$. X 射线研究证实单斜铜泡石为原始格子而 ABCD 为带心格子. ABCD 中晶胞角顶和中心的原子坐标应分别为 $0, 0, Z$ 和 $1/2, 1/2, Z$. 无论是 $P2$ 还是 $P2/a$ 空间群, $0, 0, Z$ 和 $1/2, 1/2, Z$ 均分属于两套不同的等效点系, 而且 Z 只能是 0 或 $1/2$. 因此图 1 显示的是 $0, 0, 0$; $1/2, 1/2, 0$ 或 $0, 0, 1/2$; $1/2, 1/2, 1/2$ 位置上的原子, 分属两种不同的等效点系, 但原子种类无法得知. 图 2 为相同样品表面更大扫描范围 ($15 \text{ nm} \times 25 \text{ nm}$) 获得的图象. 图 2 除模糊可见背底有与图 1 相同的原子分布外还可见有更大周期的结构叠加其上, 即所谓的调幅结构现象. 图 2 显示的两组调幅波 A 和 B 夹角约 120° , 相应的调幅周期分别约为 2.0 nm 和 6.0 nm . 根据图 2 背底原子行列方向大致确定, A 和 B 调幅方向与单斜铜泡石 a 和 b 轴夹角大约分别为 25° 和 5° , 因此两个方向调幅的结果是在基本结构的基础上形成一个更大周期的结构. 这一现象与 Tao 等人于

1995-05-08 收稿, 1995-09-05 收修改稿

* 30 届国际地质学大会资助项目

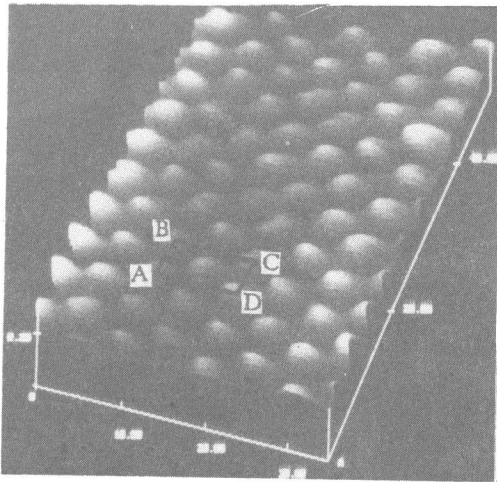


图1 单斜铜泡石{001}面的AFM图象
ABCD为单位晶胞, $AB \approx 0.55 \text{ nm}$, $BC \approx 1.04 \text{ nm}$

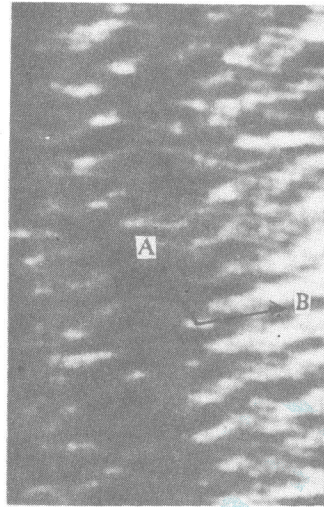


图2 单斜铜泡石{001}面的AFM图象
可见两个方向的调幅波A和B, 周期分别约为2 nm和6 nm

低温下在 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{10}$ 超导体表面用 STM 观察到的现象相似, 是一种双向面外 (out-of-plane) 调幅结构^[3]. 图2显示的单斜铜泡石{001}面存在调幅周期分别约为2 nm和6 nm的调幅结构, 以及调幅方向与单斜铜泡石 a 和 b 晶轴不一致的现象, 由于缺乏单斜铜泡石的晶体结构资料, 其成因尚无法解释.

3 小结

本文用原子力显微镜观察到了单斜铜泡石{001}面的原子分布和两个方向的面外调幅结构现象, 初步确定了调幅方向和调幅周期. 但由于单斜铜泡石的晶体结构未知, 以上调幅结构的成因还无法解释.

参 考 文 献

- 1 马哲生, 钱荣耀, 彭志忠. 单斜铜泡石——云南东川发现的一种含水的铜的磷酸盐新矿物. 地质学报, 1980, (2): 134~143
- 2 廖立兵, 马哲生, 施倪承. 用交流电化学腐蚀法制备隧道电流型原子力显微镜微悬臂. 分析仪器, 1994, (4): 31~34.
- 3 Tao H J, Yin B, Yang Q S *et al.* Two-dimensional structure modulation in Bi-O surface layer of cleaved $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ superconducting state. Model Physics Letters B, 1993, 20(7): 1313~1320