

用扫描电镜观察石英的蚀象

顾小芸

廖 昕

(中国科学院地球物理研究所) (石油勘探开发研究院)

一、引言

在复杂的地质环境中形成的岩石,其天然应力对其性质和状态起着重要作用,但数值却不为人们所了解。岩石的位错密度是与其天然应力有密切关系的一个指标^[1]。近年来,国标上是用透射电镜对岩石位错密度进行研究的^[2]。在直接观察晶体位错的实验方法中,腐蚀法最简单,我们试图用腐蚀法研究岩石的位错。腐蚀法仅适用于某一种晶体或单一矿物的鉴定,因此我们首先对岩石中大量遇到的石英进行实验。由于石英晶粒的方向在岩石中是杂乱无章的,所以把天然石英的晶体当作标准件,对此获得各个晶面蚀坑的形状和单位面积内蚀坑的数量,以作为进一步测定岩石位错密度的起点。

国外在六十年代曾用腐蚀法进行了一系列石英位错的研究工作^[3,4],对于不同的腐蚀剂进行了许多试验,但对不同晶面缺乏系统的研究;对蚀象的观察都是采用光学方法,因此形貌不很清楚。1977年 Ball 等^[5]用光学显微镜和扫描电镜对比观察了腐蚀后的石英岩,但只对石英的一个晶面(0001)进行了观察。

本文用大颗粒天然水晶,对几个典型晶面: c (0001) 面, m (10 $\bar{1}$ 0) 面, r (10 $\bar{1}$ 1) 面和 z (01 $\bar{1}$ 1) 面进行腐蚀后,用扫描电子显微镜进行观察和分析。

二、实验方法

所用晶体为广西大颗粒天然水晶(直径约 1.5cm),透明度极好。为使晶面准确定向,在垂直于晶轴的方向切开晶体后,用 X 射线定向仪测定方向,进行校正,得到 (0001) 面的误差在 $\pm 30'$ 范围内。 c 面用应力仪测定时,在 a 区域内(图 1)有干涉条纹,干涉色表示在该局部小区域内有内应力,其余部分完全透明,表示无应力。然后将表面抛光,使肉眼观察不到任何斑瑕。 m 、 r 和 z 面的定向切割要在同一块晶体中进行很困难,因此选择了天然的晶面。

根据前人的经验,腐蚀剂氢氟酸的最佳浓度为 40%。腐蚀时间不等,有用 1—3 小时,也有用 8 小时的,因晶面而异。为了便于比较,我们对不同晶面选择了相同的腐蚀时间,即 3.5 小时。然后在扫描电镜下进行观察,由于扫描电镜的放大倍数变化范围大,且具有很大的景深,故观察效果好。

三、结 果

图 2 为 c 面无应力区的蚀象,图 3 为图 1 中 a 区的蚀象。由图 2、3 看出,应力作用下蚀象

本文 1979 年 12 月 7 日收到。

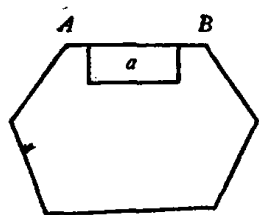


图1 $c(0001)$ 面的正视图

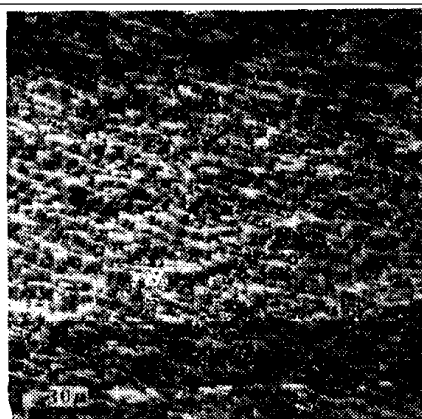


图2 $c(0001)$ 面 无应力区蚀象

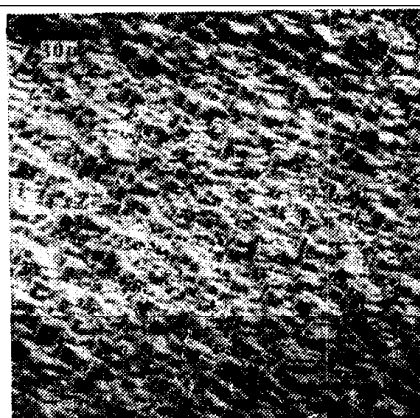


图3 $c(0001)$ 面应力 作用下的蚀象

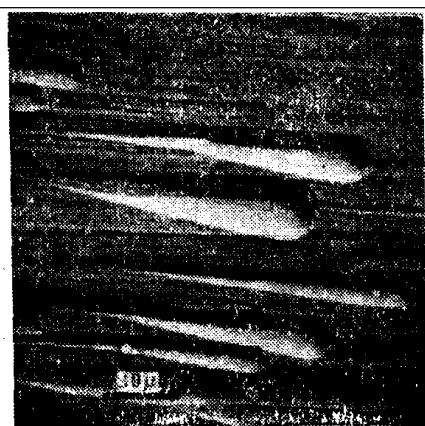


图4 $r(10\bar{1}1)$ 面的蚀象

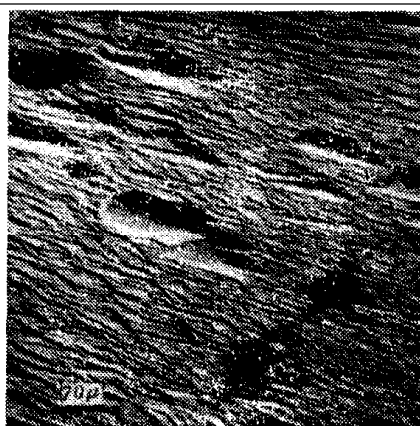


图5 $z(01\bar{1}1)$ 面的蚀象



图6 $m(10\bar{1}0)$ 面的蚀象

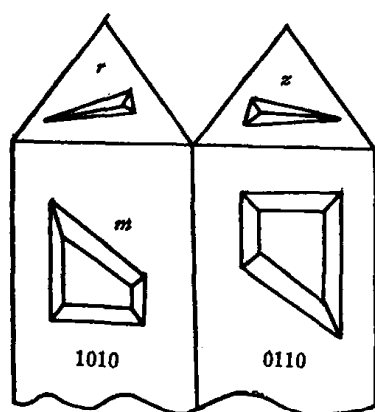


图7 左型石英各晶面 蚀坑的示意图

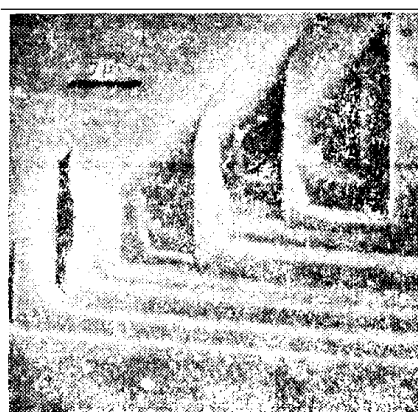


图8 $m(10\bar{1}0)$ 面上方向 相反的梯形蚀坑

出现接近南北向的方向性，位错密度也有所增加；单位面积内的蚀坑数由无应力区的 $7 \times 10^2 \text{cm}^{-2}$ 增至应力区的 $1 \times 10^3 \text{cm}^{-2}$ 。

图4—5的背景显示了 $(10\bar{1}1)$ 和 $(01\bar{1}1)$ 方向晶体的解理面。一般讲，石英的解理是不发育的，但所谓的不发育性是相对的，从扫描电镜下也能看到一些解理情况。相对而言，菱面 r 的解理发育较好，呈平行排列（图4）， z 面具台阶状解理（图5）。柱面 m 的解理则不明显，图6上

作为背景的解理线呈不连续的平行细线。

在晶体中有缺陷的地方,在上述解理面的背景上出现蚀坑。不同晶面上的蚀坑形状不同,表现了晶体的各向异性。 r 面的蚀坑呈顶角向左的三角锥形(图4), z 面的蚀坑方向与之相反(图5),而 m 面的蚀坑呈梯形(图6)。关于没有缺陷和有缺陷时蚀象的区别,在过去许多文献中是不明确的。

按文献[6],图7所示蚀象为典型的左型石英,因此所用试件基本上为左型晶体。 m 面局部区域出现方向相反的梯形蚀坑(图8),表明石英晶体中出现双晶现象。从图6看到, m 面的蚀坑呈线状排列,这反映了亚晶界上的位错排列。有些晶界两侧的蚀坑形状正好相反,则为孪晶界。

不同晶面上单位面积的蚀坑数有所不同: r 面 100cm^{-2} , z 面 25cm^{-2} , m 面 400cm^{-2} 。这又一次说明了石英晶体的各向异性,表明必须综合考虑晶面方向和腐蚀时间后才能测定位错密度。

四、结 论

本文第一次用扫描电镜清楚系统揭示了石英不同晶面上蚀坑的不同形状。这些蚀坑往往是位错的露头,线状排列的蚀坑看来反映了亚晶界,为进一步研究石英位错和位错密度打下良好的基础。在应力作用下,蚀坑排列有一定方向性,数量也有所增加。由蚀坑的形状可推断晶面的方向。用相同时间对不同晶面进行腐蚀后,蚀坑形状和单位面积内蚀坑数目的不同,表明石英晶体的各向异性。为获得位错和蚀坑的一一对应关系,并确定位错密度,尚需作进一步的研究。

致谢:在样品制备和实验方面,余国钧师傅和人工晶体所刘宗柏同志给予了大力协助,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 陈宗基,铁道兵科技通讯,1978,6:12.
- [2] Briegel, U. & Goetze, C., *Tectonophysics*, 48(1978), 61.
- [3] Цинзерлинг Е. В. и Миронова З. А., *Кристаллография*, 8(1963), 117.
- [4] Patel, A. P. & Raju, K. S., *Acta Crystallographica*, 21(1966), 2:190.
- [5] Ball, A. & White, S., *Tectonophysics*, 37(1977), 4:T9.
- [6] Frondel, C., *Dana's System of Mineralogy*, vol. III, 7th ed., Wiley, New York, 1962, 334.