

鋅单晶上一种浸蝕蝕綫的觀察*

曾 祥 華

(哈爾濱工業大學)

目前运用得最广泛的位錯增殖机制是 1950 年提出的 Frank-Read 源。在硅和鋅上的工作首先为它的存在提供了直接的实验证据^[1,2]。Servi 在鋅的基面上也曾侵蝕出两种凸起的蝕綫，根据它們的形状和大小，认为应分别代表单端及双端 Frank-Read 源^[3]。Frank 还对图形的一些細节作了补充說明^[4]。以后，几乎同时，Степанова^[5]，Geroge^[6]和 Damiano^[7] 等工作者又分别在基面上侵蝕出这类蝕綫。他們或认为它代表 Frank-Read 源，或认为是晶体溶解的产物，且认为蝕綫是在位錯露头处形成的，即他們均认为蝕綫的形成与位錯直接有关。

我們在鋅上也侵蝕出了这种蝕綫。用两种材料，純度分别为 99.5% 及 99.9%；用 Bridgman 法在光谱純石墨模中培养单晶；在干冰-酒精的混合液中解理以得到基面，然后借化学抛光去除解理台阶等。若欲得到其他晶面，在决定取向后，用砂紙打磨掉多余部分，并用化学抛光法去掉表面应变层即可得良好表面。抛光剂成份为： CrO_3 : 5 克；无水 Na_2SO_4 : 0.5 克； HNO_3 (浓): 1.2 毫升和 H_2O : 25 毫升。将要抛光的表面朝下并剧烈攪拌，抛光時間对基面約 20 秒，对其他晶面需 60 秒左右，清水中冲洗后即可浸蝕。浸蝕剂成份为： CrO_3 : 8 克；无水 Na_2SO_4 : 1.4~3.0 克和 H_2O (蒸餾): 30 毫升。被侵蝕面朝下，中等程度攪拌十余秒，清水冲洗，吹干后即可观察。发现晶体純度对結果沒有影响，且 Na_2SO_4 的含量可在一較大范围内变化，这些和 Damiano 等得到的結論相同^[7]。

在基面上看到的蝕綫如图 1 所示。图 2 則是較完整的一个，它們和理論上 Frank-Read 源应具有的形状十分相似。在孿晶帶內和宏观夹杂物附近(有較大变形的地区)，这种蝕綫尤易出現，如图 3 所示。用斜照射的方法，可确定它們是凸起的。用干涉显微鏡可

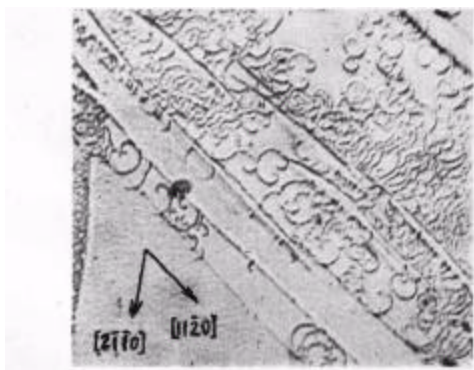


图 1 基面上的蝕綫。图面为 (0001) $\times 500$



图 2 一个較完整的蝕綫。图面为 (0001) $\times 2000$

* 1964 年 6 月 4 日收到。

测出凸起高度约数百埃。这些也与前人^[3,7]所得的结果一致。

但我们将通过对下列现象的分析,说明这种蜷线并不代表 Frank-Read 源而纯粹是一种与晶体中位错无关的表面现象:

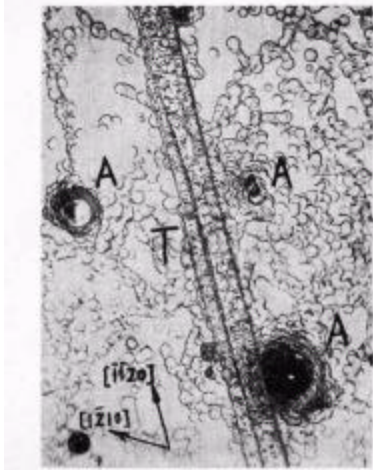


图3 蜷线优先在孪晶带T内和宏观夹杂物A附近形核。图面为(0001) ×201

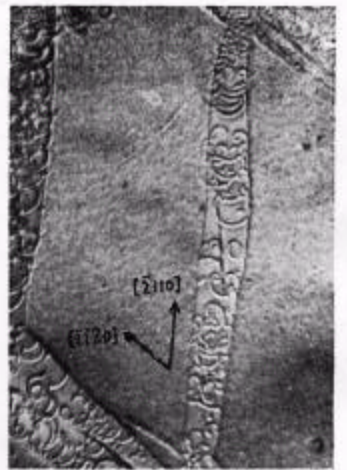


图4 集中在孪晶带内的蜷线。图面为(0001) ×500

(1) 蜷线常优先在基面上的孪晶带附近形核,有时甚至完全集中在孪晶带内。如图4。应指出,在基面上露出的孪晶带平面是 $\{10\bar{1}0\}$ 型 T 棱柱面,在室温下这并不是滑移面(这些试样未经高温变形,孪晶是在解理时不慎引入的)。若蜷线代表 Frank-Read 源,它只应在基面而不应在这种面上出现。有时,在与基面垂直的任意高指数面上也可看到这种蜷线,如图5所示。此时它更不可能在滑移面上。

(2) 若蜷线代表 Frank-Read 源,它们的凸出方向(开动方向)应是 $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 密堆方向,且至少在一小范围内,各个蜷线的开动方向应相同。实际不全如此,甚至可看到相反的例子,如图6所示。

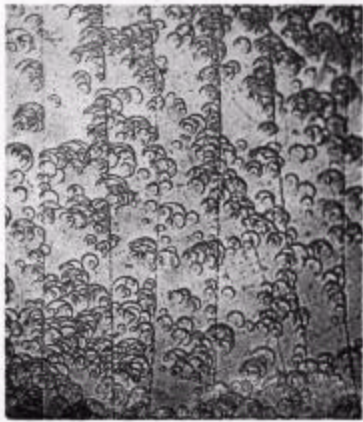


图5 在棱柱面上的蜷线。图中垂直方向的黑线是由刃型位错组成的位错墙,它可用另一种浸蚀剂浸蚀出来^[9]。可看出蜷线形核地点与这些位错墙无关。图面与基面垂直 ×201



图6 大蜷线内一个向相反方向开动的小蜷线(箭头标出)。图面为(0001) ×1900

(3) 当浸蚀剂中 Na_2SO_4 含量或搅拌程度改变时,蜷线的大小往往随之改变。Frank-Read 源不会有这样的性质。

(4) 当浸蚀时间较长或 Na_2SO_4 含量近于上限时, 表面常出现一种暗褐色的膜, 且有晶体仅一部分被它覆盖, 其他部分仍为光亮的抛光表面。后来发现这种暗褐色的膜正是由蜷线堆积而成的, 如图 7 所示。这表明, 蜷线或是晶体在被浸蚀时形成的某种氧化物, 或是浸蚀剂中某种盐类在晶体表面的沉积(结晶)。

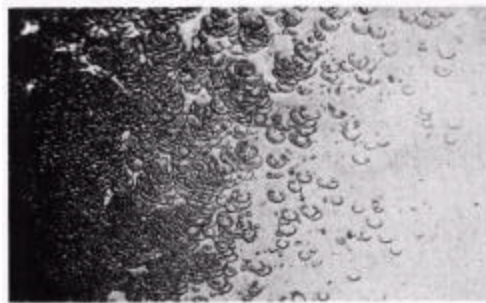


图 7 蜷线在稜柱面上的一种分布。左面是蜷线堆积而成的暗褐色膜, 右面仍为光亮的抛光表面。图面与基面垂直 $\times 201$

在其他晶体上也曾见过类似蜷线: 如在铁-硅合金上, 有人认为它们是由于晶体表面台阶的溶解造成^[9]的, 另一些人则认为是某种氧化物的沉积^[10]。不过他们均认为在蜷线下面有一根或一对符号相反的螺型位错线, 台阶的溶解或氧化物的沉积优先在位错露头

处进行。由于位错附近的原子具有较大的活性, 因而早就有人认为氧化物等应优先在位错露头处形核^[11]。在渗有微量杂质的低纯铜上的工作支持了这种看法^[12], 不过在高纯铜^[12]和锆^[13]上却看不到这种联系。此外, 在低位错密度的铁须上却可在很多地方看到氧化物的形核^[14], 即位错露头点的存在并不是晶体氧化的必要条件。从前面几幅图, 尤其是从图 5 及图 7 看来, 锌上这种蜷线(可能是某种氧化物的沉积)的形核地点是与晶体中的位错无关的, 因无论刃型还是螺型位错都不可能具有这样奇特的分布方式。最近在铝上曾得到类似结论^[15]。

综上所述, 锌上这种蜷线看来并不代表 Frank-Read 源而是一种表面现象, 且这种蜷线的形核位置是与位错露头点无关的。

这工作是在导师孙瑞蕃指导下进行的; 工作中还得到了洪晶、王贵华和固体物理研究室其他同志的支持与鼓励, 谨此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] Dash, W. C., *J. Appl. Phys.*, **27** (1956), 722.
- [2] Tyler, W. W. and Dash, W. C., *ibid*, **28** (1957), 1221.
- [3] Servi, I. S., *Phil. Mag.*, **3** (1958), 63.
- [4] Frank, F. C., *ibid*, **4** (1958), 419.
- [5] Степанова, В. М. и Урусовская, А. А., *Кристаллография*, **4** (1959), 913.
- [6] Geroge, J., *Phil. Mag.*, **4** (1959), 1142.
- [7] Damiano, V. V. and Herman, M., *J. Franklin. Inst.*, **267** (1959), 303.
- [8] 曾祥华, 哈尔滨工业大学研究生毕业论文, 1964 年。
- [9] Kroupa, F., *Cze. J. Phys.*, **5** (1955), 554; Kroupa, F., *ibid*, **8** (1958), 186.
- [10] Marchin, J. M. and Feliu, S., *Acta Met.*, **10** (1962), 1415.
- [11] Cabrera, N. and Levine, M. M., *Phil. Mag.*, **1** (1956), 450.
- [12] Young, F. W. Jr., *Acta Met.*, **8** (1960), 117.
- [13] Faust, J. W. Jr., *ibid*, **11** (1963), 1077.
- [14] Coleman, R. V. and Laukonis, J. V., *J. Appl. Phys.*, **30** (1959), 1364.
- [15] Marchin, J. M. and Wyon, G., *Acta Met.*, **10** (1962), 915.