



图 3

已用提拉红宝石加工成了激光棒，其激光性能良好，突出的特点是光束发散角小，不修光程即为 3 毫弧度左右，而且静态和动态激光性能的测试，均较优良。

本文的实验工作，是由提拉宝石组的全体同志共同进行的，特此说明并致谢。

参 考 文 献

[1] Charles T. Lynch, Ph D. CRC Handbook of Materials Science, Vol. 1 General Properties,

1974.
 [2] Mitsuhiro Maruyama, *Japen J. Appl. Phys.*, 5 (1966), 1026.
 [3] M. N. Plooster, H. M. Dess, O. H. Nester, Chockralski Ruby, AD610600 (1965); AD618752 (1965).
 [4] 中国科学院物理研究所钽铝石榴石研究组, *物理*, 6 (1977), 271—274.
 [5] J. C. Brice, *The Growth of Crystal from Liquids*, North-Holland Pub. Comp., 1973, p. 223.
 [6] B. Cockayne, *J. Crystal Growth*, 3/4(1968), 60.
 [7] Steel G. K. Hill, *J. Crystal Growth*, 30(1975), 45.
 [8] J. R. Carruthers, *J. Crystal Growth*, 32(1976), 13.
 [9] K. Takagi, *J. Crystal Growth*, 32(1976), 89—94.
 [10] J. C. Brice and P. A. C. Whiffin, *J. Crystal Growth*, 38(1977), 245—248.
 [11] J. R. Carruthers, *J. Crystal Growth*, 36(1976), 212—214.

硅器件工艺过程中晶体滑移位错的引入和演变*

肖楠

卢因诚

(中国科学院物理研究所) (北京市半导体器件研究所)

半导体材料硅中存在的原生晶体缺陷(如位错、层错、旋涡缺陷)及半导体硅器件加工工艺过程中的诱生晶体缺陷(如外延层错、热氧化杆状缺陷、扩散导致的缺陷)都会给器件带来有害的影响。为了揭示缺陷是如何影响材料的结构和器件的性能，人们必须设法观察缺陷的位错、形貌，并研究它们是如何引入和演变的。

我们在 60kW 旋转阳极 X 光机上，用 X 射线形貌技术^[1]跟踪双极集成电路基本工艺——外延、氧化、扩散过程，观察晶体滑移位错的引入和演变，并研究了滑移位错与器件成品率之间的相关性。在这方面，国内外都有过很好的工作^[2,3]。现将我们的实验结果报告如下。

一、实 验

样品是用直拉法生长的硅单晶片：P 型，〈111〉晶向，电阻率 7—15Ω·cm，无位错；直径

35—40mm，厚度 0.35—0.40mm；正面经铬离子抛光成镜面，背面仅经粗磨，并未抛光。

将两片抛光样片，经外延、氧化、扩散，并在流程中分别拍摄其 X 射线形貌图(见图 1—4)。

将两片双与非门 BG522 的中测片(经外延、氧化、扩散、蒸铝布线等加工工序后的半成

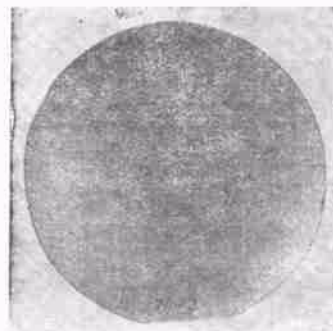


图 1 经抛光的样品工艺片 X 射线形貌图

* 1979 年 4 月 20 日收到。

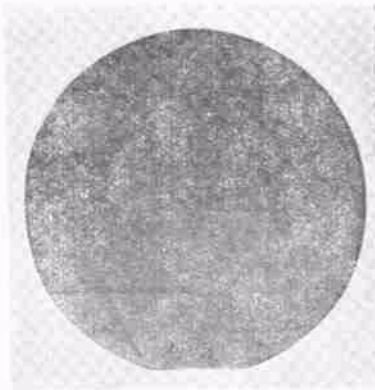


图2 抛光后经外延的样品工艺片X射线形貌图

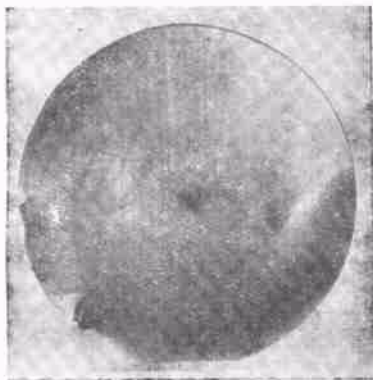


图3 抛光后经氧化的样品工艺片X射线形貌图



图4 抛光后经扩散的样品工艺片X射线形貌图

品) 进行测量, 并绘制合格不合格管芯的分布图, 然后拍摄X射线形貌图, 见图5。

X射线形貌图是采用Lang的技术拍摄的, 拍摄条件: MoK_α辐射, (220)衍射, 管电压50kV, 管电流600mA, 扫描次数150; 感光材料采用普通X光双面乳胶感光片。

外延生长条件: 在抛光衬底片上, 用H₂还物理

原SiCl₄方法生长硅外延层; 样片平放在石英管中的石墨舟上, 高频加热至1180℃; 外延层生长速度2μ/Min, 生长厚度8—9μ; 掺磷, 电阻率为0.27—0.29Ω·cm。生长完成以后, 用空气速冷石英管道, 取出样片后, 直接拍摄形貌图。

氧化条件: 外延片放在恒温1200℃的氧化炉石英管道中的搓板形石英舟上, 通入氧气, 干氧化5分钟, 再使氧气通过98℃的水进行湿氧化2小时, 最后再干氧化30分钟, 生成12000Å的SiO₂层。待炉温自然冷却后取出片子。用椭圆偏光仪测定氧化层厚度之后, 用HF将氧化层腐蚀掉, 拍摄形貌图。

热扩散条件: 采用二氧化硅乳胶硼源涂敷于氧化片(已去掉氧化硅层)表面, 于1150℃氮气氛下扩散2小时, 待炉温自然冷却后取出片子, 用HF-H₂O去掉反应相后拍摄形貌图。

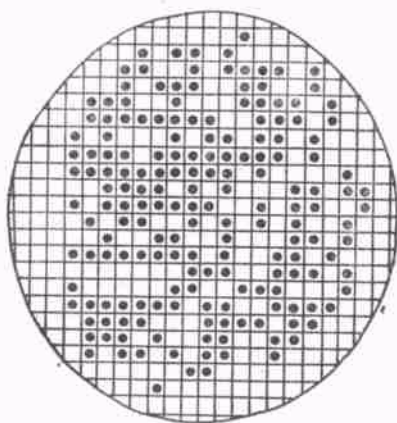
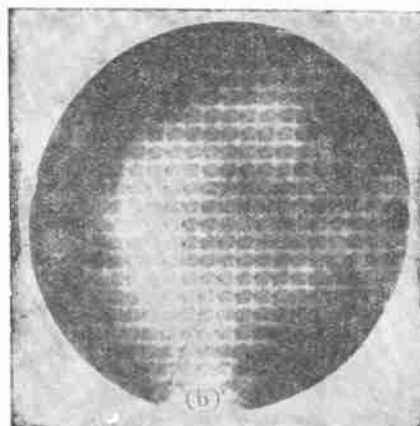
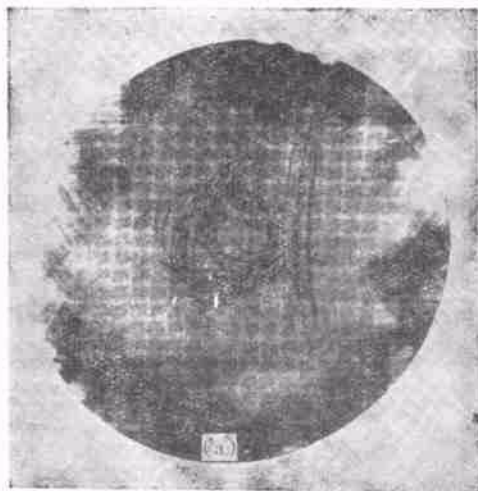
二、结果与讨论

从上述实验可以看到, 抛光片经过外延高温工序后, 滑移位错开始在片子边缘部位发生; 经过高温氧化工序后, 明显延伸; 经过高温扩散工序后, 滑移位错严重增殖。

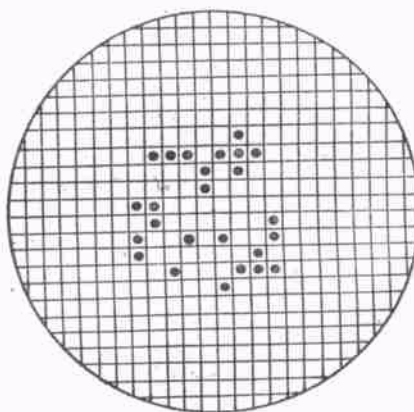
硅属金刚石型晶格, 滑移面为{111}, 滑移方向为<110>。对于[111]晶体, 可以在(111)晶面上观察到沿[110], [101], [011]方向的位错滑移带, 呈两组交叉的等边三角形, 即六角星形滑移图象。

值得注意的是, 滑移位错首先发生在晶片边缘部位。由于边缘损伤是发生滑移位错有利条件, 因此, 当晶片被急剧送入或拉出高温区时会经受较大的热应力冲击, 这种应力是产生滑移位错的基本原因。

滑移位错的有害作用之一是引起杂质的不规则扩散或成为杂质的沉淀核心, 从而引起器件反向漏电增大、软击穿、低击穿, 这一问题在检查器件产品的例行实验中尤其清楚, 不合格的器件大体上与缺陷有关系, 并具有统计规律。滑移位错是造成器件损坏的因素之



(c)



(d)

图5 中测片形貌图(a), (b); 及相应的管芯分布图(c), (d)

□为合格管芯; ○为不合格管芯

一,特别是当它吸附了杂质时,有害作用就会更大了。由于设备能力和感光材料的限制,我们尚未观察 p-n 结区缺陷状况。

从以上实验结果和分析情况来看,我们认为我国当前硅器件工艺过程中有下述两个问题值得注意:

(1) 应尽可能地减小工艺过程中的温度梯度,并实行缓慢降炉温方法;

(2) 应保持工艺片边缘整齐,避免用金属

镊子夹伤工艺片边缘。如能将硅片边缘研磨倒角更好。

本工作得到中国科学院物理研究所范海福同志的指导 and 帮助,表示感谢。

参 考 文 献

- [1] B. K. Tanner, M. A., D. Phil, X-Ray Diffraction Topography, Pergamon Press, (1976).
- [2] B. Piwczys, *Solid State Technology*, July (1973), 30-35.