

硅单晶氢致缺陷分布的实验研究

何贤祺

(中国科学技术大学)

1983年6月13日收到

提 要

利用X射线形貌术方法研究了含氢硅单晶中氢致缺陷的分布。将原生晶棒从内部切开,观察到在切口暴露表面附近,热处理后产生的氢致缺陷的密度与尺寸与内部未暴露部分相同,而不同于薄片退火的情况,对此结果作了简要的讨论。

关于硅单晶中氢致缺陷形态和形成机理的研究已有不少报道^[1-6]。但对这类缺陷的分布,缺陷核心区的本质等问题还有待进一步研究。本文用X射线形貌术研究了氢致缺陷的分布,并对其成因作了简单讨论。

晶体是在纯氢气气氛中熔生长的, $[111]$ 取向,直径约30mm。垂直于 $[111]$ 方向切出一段高15mm的圆柱体,然后通过圆柱体轴心并平行于 $(11\bar{2})$ 和 $(1\bar{1}0)$ 晶面将其一分为四,见图1。其中三块分别在真空、氮气、氢气气氛下,1000℃保温一小时,随炉冷却,最后经切、磨、抛加工成厚约650 μm 的 (111) 晶片。用 $\text{MOK}\alpha_1$ 辐射拍摄投影形貌相。

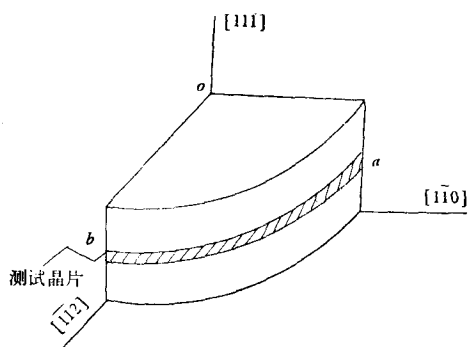


图1 试样切割示意图

图2(见图版I)表示经真空退火试样的投影形貌相。可以看出:(1)显示密度较高,尺度较大的缺陷象;(2)在原晶体圆柱表面附近区域(对应于图1(见图版I)中 ab)缺陷密度极低;(3)在原晶体轴心 o 附近的切口处的缺陷密度和尺度与试样内部一致。在其他两种气氛中退火结果与此相同。

关于原晶体圆柱表面附近的无缺陷区,一般认为可用成晶冷却时晶体表面附近的氢和点缺陷已逸出来解释。从生长态晶体切割厚度小于1mm的薄晶片,退火后不产生氢致缺陷。我们从同一晶棒中切割出650 μm 厚的薄晶片,在同样的退火条件处理下,没有发现如图2(见图版I)的氢致缺陷。(图3,见图版I)作者认为不能简单地用氢和点缺陷在退火时向外扩散的观点来解释这一现象。在我们的实验中, o 点附近与薄晶片一样都暴露于气氛中,但缺陷的形态却不相同,现讨论如下:

产生氢致缺陷的两个必要条件是氢的存在和缺陷成核中心(可能是点缺陷集团)的存在。如果生长态晶体中已存在这两个必要条件,并在退火过程中氢的聚集比向外扩散和

成核中心的解体快,则无论是晶体内部,还是暴露处表面附近均形成氢致缺陷,这就是本实验在 σ 点附近的切口处及内部所观察到的情况。

在我们所研究试样的 σ 点附近的切口和薄晶片表面一样都可能存在上述两个必要条件,但它们在退火中的行为却不完全相同。(1)薄晶片的表面和内部在升温过程中达到相近温度的时间间隔较短,故厚度方向的温度梯度很小;而大块晶体表面和内部在升温过程中达到相近温度的时间间隔较长,温度梯度较大。并且薄晶片中氢的外扩散距离比大块晶体的小,氢从晶体内部扩散到表面的时间较短。(2)在升温 and 保温过程中氢从表面向外扩散,近表面层的氢向表面层扩散,内部氢向近表面层扩散。对于薄晶片,这种扩散过程在两个表面进行,由于晶片薄,氢的外扩散距离短,内部氢可以认为是有限源而被耗尽,尽管成核中心可能尚未解体,也不会产生氢致缺陷;而大块晶体,氢的向外扩散仅在暴露的一个表面进行,且氢可认为是无限源,氢既向外扩散又向成核中心聚集和沉淀而产生氢致缺陷。在原始生长晶体的圆柱体表面附近,退火过程中的行为与大块晶体切口暴露处相似,即氢仍可以从内部向近表面层和表面层扩散,可能是由于不存在成核中心而不产生氢致缺陷。

本工作得到钱临照教授和杨传铮同志的指教,黄允兰同志参加了部分实验工作,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] M. Yoshimatsu, *J. Phys. Soc. Japan.*, **18**(1963), Suppl II, 335.
- [2] Y. Sugita, *Japan. J. Appl. Phys.*, **4**(1965), 962.
- [3] Y. Yukimoto, *Japan. J. Appl. Phys.*, **7**(1968), 348.
- [4] 崔树范等,物理学报, **28**(1979), 791; 科学通报, **24**(1979), 1112.
- [5] 蒋柏林等,物理学报, **29**(1980), 1283.
- [6] 杨传铮、朱建生,物理学报, **31**(1982), 278.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE DISTRIBUTION OF DEFECTS CAUSED BY HYDROGEN IN SILICON SINGLE CRYSTALS

HE XIAN-CHANG

(University of Science and Technology of China)

ABSTRACT

Distribution of defects caused by hydrogen in silicon single crystals is investigated by means of X-ray projection topography. It has been observed that the defect density and its size in new exposure surface area are similar to those in the crystal interior, which are different from those observed in thin wafer. These results are discussed briefly.