

在微重力下生长的 GaAs : Si 单晶 结构缺陷的 X 射线研究

蒋四南 林兰英

(中国科学院半导体研究所 中国科学院半导体材料科学实验室 北京 100083)

摘要 本文对空间生长 GaAs : Si 单晶, 沿着生长方向用 X 射线形貌和双晶衍射方法进行了研究, X 射线形貌观测到了在空间生长区域有一个扇形高完整区. 双晶衍射表明, 在这个扇形区回摆曲线最窄、强度较高.

PACC: 6150C, 6110, 6170

1 引言

GaAs 单晶是制造微波器件和激光器的有用材料. 直到现在生长高质量的 GaAs 材料还存在一些难于克服的问题, 如杂质条纹, 化学配比的精确控制等. 这就使人们常常想其原因是否与重力有关. 为了克服重力的影响, 我们期望在微重力条件下生长 GaAs, 以图改善单晶的质量. 1987 年在我国的回地卫星上, 我们成功地生长出了掺 Te 的 GaAs 单晶^[1], 并观测到了有一个 5—30 μm 宽度的高完整区^[2], 深能级陷阱密度也往往低于地面生长的单晶, 缺陷类型也大为减少^[3]. 并指出, 在生长时降温速度是一个极重要的因素^[1-3]. 后来我们改进了温度条件, 在同样的微重力条件下, 又成功地生长了掺 Si 的 GaAs 单晶. 本文用 X 射线衍射方法研究了空间生长的 GaAs : Si 单晶的结构完整性.

2 样品制备

掺 Si 的 GaAs 单晶是用区域熔化的方法, 在我国回地卫星上生长的. 微重力在近地点为 175—216 公里, 在远地点为 300—400 公里^[4]. 在空间熔化区为 3.3cm 长, 保持 3 小时以上, 由于在生长时熔区断裂, 所以我们得到了两块形状相似且为火炬状的单晶, 我们研究的单晶是其中的一块, 长度大约为 10mm, 直径 0.9mm, 单晶定向纵向切割, 生长轴接近 $\{110\}$, 样品的切割厚度为 0.5mm, 样品双面磨抛成镜面后再用 HF : HNO₃ : H₂O = 1 : 2 : 3 腐蚀表面几分钟以去样品损伤层. 由于我们是纵向切割样品, 所以在同一样品上, 由两部

蒋四南 男, 1937 年生, 研究员, 半导体材料物理专家

林兰英 女, 1918 年生, 研究员, 中国科学院院士, 目前从事半导体材料生长与材料物理研究工作

1993 年 9 月 1 日收到

分单晶组成,一部分为未熔化的原地面生长的单晶,另一部分是空间回熔再结晶的单晶,两部分单晶其取向相同,这样,保证了在实验条件相同的情况下比较空间材料和地面材料。

3 实验

利用 X 射线形貌和双晶衍射两种实验方法进行测量. 经磨、抛、腐蚀后,样品厚度为 0.35mm. 对于扫描形貌照相,利用 $\text{MoK}\alpha_1$,光源距样品距离为 1.5m,夹缝宽度为 0.5mm,在 50kV,20mA 条件下,照 17 小时. 底片为普通 X 射线底片,对 GaAs, $\text{MoK}\alpha_1$ 的线吸收系数为 375cm^{-1} ,所以线吸收系数 $\mu \gg 1$,形貌属于 Borrmann 型,形貌照片如图 1 所示. 对于双晶衍射,实验装置同文献[2]. 沿着样品生长轴,每隔 1mm 逐点测量,每一点的回摆曲线如图 2 所示.



图 1 X 射线形貌相,(110)衍射面,
 $\text{CuK}\alpha_1$ 辐射,50kV,20mA,17 小时

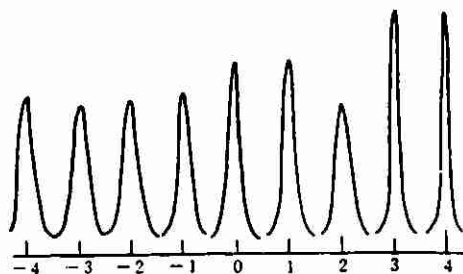


图 2 X 射线双晶衍射回摆曲线

4 实验结果和讨论

从形貌图中,我们可清楚地看出,在地面生长的样品显露出了杂质条纹,而在空间生长的晶体部位杂质条纹不出现. 杂质条纹终止在与空间晶体的交界面上,从图上还看出界面是不平整的. 在空间晶体部位,在形貌图上显示了一个衬度较大的扇形区域. 由于形貌是 Borrmann 型,衬度浓表示晶体完整性高.

在回摆曲线图 2 中,“0”点表示空间晶体与地面晶体的交界面,正号表示空间晶体部分,负号表示地面晶体部分,从图 2 中我们看到,在地面晶体部分,各点的回摆曲线高度和半宽度都几乎相同. 与地面晶体部分的回摆曲线比较,空间部分的回摆曲线又高又窄,表示空间晶体的完整性更高,而且用两种 X 射线实验方法得到了相同的结论. 结果表明:微重力条件下生长的单晶的完整性优于地面生长的单晶. 这是因为微重力条件下溶质对流消失了,溶质的输运机理以扩散为主,在晶体的空间生长时避免了对流对原子排列的干扰,因而显示出较好的完整性. 1987 年空间生长的 GaAs:Te 单晶没有显示出这一优越性是因为温度控制不

好, 生长速度过快. 这次空间实验的温度控制比 1987 年好, 才获得了这一结果, 说明如能进一步改善空间生长条件, 有望通过空间生长获得更高质量的单晶.

参 考 文 献

- [1] 周伯骏等, 半导体学报, 1988, **9**: 548.
- [2] 蒋四南等, 半导体学报, 1989, **10**: 76.
- [3] Wang Zhan guo *et al.*, J. Appl. Phys., 1990, **67**: 3.
- [4] 郑松辉, 利用可回收卫星开展微重力实验, 中国微重力科学与空间实验首届学术讨论会论文集, 北京, 1987, p. 14.

Structure Investigation of Si-Doped GaAs Single Crystal Grown Under Microgravity Condition by X-Ray Methods

Jiang Sinan and Lin Lanying

(*Institute of Semiconductors, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083*)

Received 1 September 1993

Abstract Si-doped GaAs single crystal growth was carried out by floating zone melting under the microgravity conditions. The sample was cut along the growth axis from the ingot to have surface {110} for X-ray investigation, so the sample consisted of two parts, one part grown on the ground, the other part grown in the space. X-ray rocking curve result shows that there is a fan-shaped zone with high perfection in the space grown part. X-ray topograph shows that the impurity striations appear in the part grown of the ground, but disappear from the part grown in the space. All results indicate that the perfection of space-grown crystal is higher than that of ground-grown crystal.

PACC: 6150C, 6110, 6170