

GaAs-AlGaAs 双异质结 (DH) 外延片的位错检测*

彭 怀 德

(中国科学院半导体研究所)

提 要

我们用熔融 KOH 作位错腐蚀剂,并用位错跟踪腐蚀的方法显示 DH 外延片的位错,结果表明,可以依照 DH 外延片顶层 (P^+ -GaAs 层)的位错腐蚀坑形状,区分出从 n-GaAs 延伸上来的位错和由异质结外延引进的位错。

GaAs-AlGaAs DH 激光器的快退化是与有源区中各类晶体缺陷的存在密切相关的,为了改善激光器的寿命,必须对外延层中的缺陷进行研究。位错是晶体中的线缺陷,它能在外延层中延伸传播,研究证明激光器的快退化是由穿过有源区而发展起来的密集位错网络引起的,所以研究有源区中位错的由来和发展对改善激光器的寿命具有现实意义。

GaAs-AlGaAs DH 外延片是在 {001} 面的 n 型 GaAs 衬底上,用液相外延的方法相继生长 n-GaAs, $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, P-GaAs, $P\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 和 $P^+\text{-GaAs}$ 层形成,其中 P-GaAs 层是有源区,厚约 0.3 微米。有源区中的位错主要是由衬底传上来的和外延时引进的。这两种位错都一直延伸至 $P^+\text{-GaAs}$ 层表面。本文采用熔融 KOH 作位错腐蚀剂^[1],它的腐蚀速率可控,位错腐蚀坑特征清楚,所以已有报道用它作极薄外延层的位错显示^[2,3]。我们用跟踪腐蚀位错的方法,显示 DH 外延片的位错,结果表明,可以从 $P^+\text{-GaAs}$ 层上的位错腐蚀坑形状区分出从 n-GaAs 延伸上来的位错和异质结外延引进的位错,同时也看出从 n-GaAs 层延伸上来的位错绝大多数都一直延伸至 $P^+\text{-GaAs}$ 表面,但也有个别的到达 $P^+\text{-GaAs}$ 层时位错数目减少了。

本实验所用的装置如图 1 所示。KOH 是装在 50 c. c. 的银坩锅中,放在管式炉的中部,使之均匀加热。由插入熔液的铂铑热电偶直接控制温度。腐蚀温度取 350—380°C,炉子的控温精度约 $\pm 3^\circ\text{C}$ 。把样品装在银的漏勺中放入熔液腐蚀,腐蚀后取出样品用热去离子水冲洗干净,在显微镜下进行位错腐蚀坑观测。

我们用两种方法确定熔融 KOH 对 GaAs(001) 面的腐蚀速率。一种是用腐蚀前后样品重量的差别来计算腐蚀的深度,另一种是在显微镜下直接测量样品厚度的变化来算腐蚀速率。结果如表 1。

从表 1 看出用失重法确定的腐蚀速率大些,因为它所确定的是腐蚀坑平均的腐蚀深度。特别对有密集腐蚀坑的样品,腐蚀速率大时差别就更大。

* 1979 年 7 月 2 日收到。

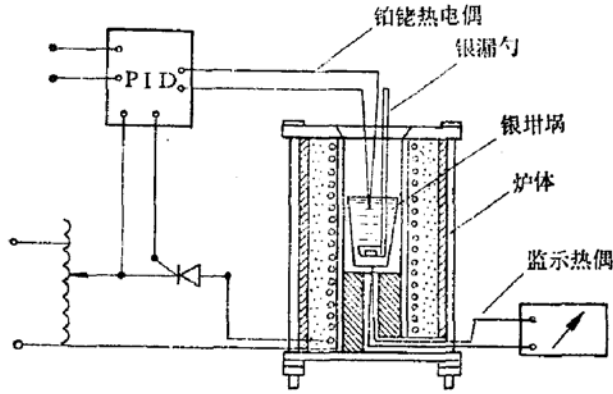


图 1 用熔融 KOH 显示位错的实验装置示意图

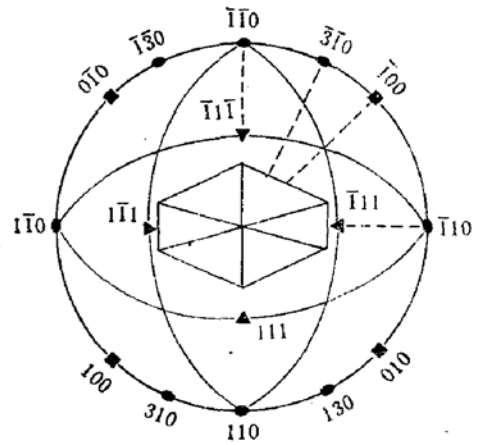


图 3 GaAs(001) 面腐蚀坑的各面取向

表 1 熔融 KOH 腐蚀 GaAs(001) 面的腐蚀速率

腐蚀温度	用失重法确定的腐蚀速率	用测厚法确定的腐蚀速率
340°C	0.16 μ /min	
350°C	0.23 μ /min	0.11 μ /min
360°C	0.63 μ /min	0.23 μ /min
380°C	—	0.7 μ /min

掺 Si 的 n-GaAs (001) 面的位错腐蚀坑如图 2 (见图版 III) 腐蚀坑的各面取向如图 3^[4]。

用于观察位错的 DH 外延片是在 845°C 下用液相外延方法生长的。各层厚度为: n-GaAs(10 μ); n-Al_{0.3}Ga_{0.7}As(5.2 μ); P-GaAs(0.64 μ); P-Al_{0.3}Ga_{0.7}As(2.1 μ); 和 P⁺-GaAs(9 μ)。外延片表面光亮, 未经任何处理理解成小块后就进行位错显示。

图 4 (见图版 III) 是上述外延片在 350°C 下腐蚀 15 分钟所显示的位错腐蚀坑(六角锥)。看出有两种腐蚀坑, 一种较大较黑, 一种较小较白。白位错坑的数目比黑的多。为了搞清情况, 用位错跟踪腐蚀的方法显示位错的延伸情况。图 5 (见图版 III、IV) 是在同一位置腐蚀的一组照片, 图 5a 是在图 4 的位置上再腐蚀 8 分钟得到的结果。白坑与黑坑与图 4 是完全对应的, 是它伸延下来的, 证明了这二种坑都是位错腐蚀坑。其后再作五次腐蚀, 腐蚀时间 8 至 10 分钟不等。图 5b 至 5e 就是其中的四张照片, 我们对 5e 中对应于白坑消失的位置用解理显结的方法定出平底位置在 n-GaAs 层 2 μ 处, 这样图 5d 中对应于白坑消失的平底位置在进入 n-GaAs 层中 0.9 μ 处。可见进入 n-GaAs 层后白坑全部消失。在 n-GaAs 层之上有 4 个异质结界面(两个 AlGaAs 层), 所以这种位错可能是失配位错或是在 AlGaAs 外延时由于 Al 的部份氧化形成 Al₂O₃ 成为晶体中的夹杂物引起的位错, 前一种位错出现在 P⁺-GaAs 层上并在 P⁺-GaAs-P-AlGaAs 界面形成位错网络^[5], 后一种位错起源于 AlGaAs 层, 后延伸至 P⁺-GaAs 表面, 用现在的方法很难区分出白坑是由那种机构产生的位错, 但它是由于异质结外延引进的这点还是清楚的。

图 6 (见图版 IV) 是另一组位错延伸的照片从 P⁺-GaAs 层上的位错腐蚀坑可看出有 A, T, R 三个黑坑和 10 个白坑, 腐蚀至 n-GaAs 层时白坑全部消失但黑坑 T 显出是三个

位错的腐蚀坑。

从上面的检测结果可以认为:

(1) 用熔融 KOH 显示 DH 外延片的位错, 可以从 P^+ -GaAs 层上位错坑的特征区分出由 n-GaAs 层延伸上来的位错和异质结外延引进的位错(白坑)。

(2) 由 n-GaAs 经多层外延传向表面的位错基本上是一一对应的, 但也有个别通过外延层后位错减少了。

(3) 异质结外延引进的位错密度比衬底传上来的要大。

参 考 文 献

- [1] J. B. Grabmaier and C. B. Watson, *Phys. Status Solidi*, 32 (1969), PK13.
- [2] Makoto Ishii, Ryoich Hirano, Hirofumi Kan and Akiko Ito, *Japan. J. Appl. Phys.*, 15(1976), 645.
- [3] Takao Takenaka, Hiroshi Hyashi, Saburoh Yamamoto, Kazuhisa Murata and Toshio Inoguchi, *Japan. J. Appl. Phys.*, 17 (1978), 447.
- [4] H. Richter, M. Schulz, *Kristall und Technik*, 9 (1974), 1041.
- [5] G. R. Booker et al., *J. Crystal Growth*, 45 (1978), 407.

THE EXAMINATION OF DISLOCATIONS ON GaAs-ALGaAs DOUBLE HETEROJUNCTION EPITAXIAL WAFER

Peng Huai-de

(Institute of Semiconductors, Academia Sinica)

Abstract

Dislocations in the DH epitaxial wafer were revealed by the method of dislocation following etching using molten KOH as an etchant.

The results showed that, according to the shape of the etch-pits on the top layer of the DH wafer, the dislocations extended from the first layer (n-GaAs) can be distinguished from those introduced in heterojunction epitaxial process.