

文章编号: 1002-2082(2005)01-0046-03

真空沉积法制备 InSb 纳米颗粒

孙 全, 何焰兰, 吕志辉, 黄水花

(国防科学技术大学 理学院, 湖南 长沙 410073)

摘 要: 采用真空沉积的方法在 SiO₂ 基片上制备出了纳米 InSb 颗粒薄膜。利用原子力显微镜对 4 片样品表面进行分析, 从其表面形貌图和三维图中可以观察到有粒径均匀的纳米 InSb 颗粒形成并且均匀地分布在 SiO₂ 基片表面。实验表明, 通过改变镀膜时间可以得到具有不同颗粒尺寸的 InSb 纳米颗粒, 并且颗粒直径与沉积时间和厚度成正比。

关键词: 纳米 InSb 颗粒; 真空蒸发沉积; 原子力显微镜

中图分类号: TN305.93

文献标识码: B

InSb Nano-pellet Films Prepared with Vacuum Evaporation Deposition

SUN Quan, HE Yan-lan, Lü Zhi-hui, HUANG Shui-hua

(College of Science, National Univ of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: We get nanometer-sized InSb particle films deposited on the SiO₂ substrate by using vacuum evaporation. The atomic force microscopy was applied to the morphology survey of the film surfaces. The results show that the films are composite of nano-particles of InSb. With the analysis of the scanning images of these samples, the result of the experiment proves that different sizes of InSb particles can be formed by changing the plating time.

Keywords: InSb nano-pellet; vacuum evaporation deposition; atomic force microscope

引言

随着大规模集成电路、微电子和光电子技术的发展, 功能元器件越来越微细, 人们有必要考察物质的维度下降带来的新现象及其应用。比如从零维的量子点到一维的量子线, 再到二维的量子阱和超晶格, 当材料的尺寸从常规的块状降低到纳米尺度, 半导体材料的电子能态将发生显著变化, 表现出了许多奇异的基本特性, 如量子尺寸效应、小尺寸效应、表面效应等, 使其在光、电、声、磁等方面性能与常规体材料相比有着显著不同。

量子限域的程度取决于半导体颗粒的尺寸与其自由激子的波尔半径之比。对于 III-V 族半导体, 由于它们的载流子有效质量较小和介电常数较大, 因而具有较大的自由激子波尔半径, 如 InSb 半导体的自由激子波尔半径为 34 nm。III-V 族半导体

的能隙是半导体材料中最小的一组, 而 InSb 在 III-V 族半导体中又具有最小的能隙 (0.17 eV), 最小的载流子有效质量 ($m_e = 0.014m_0$, $m_h = 0.016m_0$, m_0 为自由电子质量) 及最大的介电常数 (17.88), 因此它的自由激子波尔半径最大。根据半导体的自由激子波尔半径公式 ($a_B = \epsilon h^2 / 4\pi^2 \mu_{eh}^2$, 其中 ϵ 为半导体材料的介电常数; h 为普朗克常数) 计算得到 InSb 的激子波尔半径为 130 nm。这就是说, InSb 颗粒可以在很大的尺寸范围内满足量子限域条件。

本文报道了用真空沉积方法在 SiO₂ 基片上制备纳米 InSb 颗粒薄膜, 并用原子力显微镜对样品表面形貌进行分析, 研究镀膜时间对纳米颗粒尺寸影响的规律。

1 实验

收稿日期: 2003-08-16; 修回日期: 2004-11-21

作者简介: 孙全 (1980-), 男, 山东济南人, 国防科学技术大学硕士研究生, 主要从事半导体纳米材料光学特性的研究。

采用真空沉积的方法制备 InSb-SiO₂ 纳米颗粒镶嵌薄膜。基片选用尺寸为 $\Phi 10 \times 1$ mm 的双面抛光石英玻璃,通过改变蒸发时间来控制沉积在 SiO₂ 基片上的 InSb 厚度及纳米颗粒的尺寸。将固体 InSb 单晶体放在真空度约为 6.0×10^{-5} Tor 的真空腔内的蒸发舟中,分别将 4 片石英薄片放在沉淀腔内的工作台上,使沉淀腔内的温度均匀保持在 250 C,控制 1# 样品蒸发时间为 15s,2# 样品蒸发时间为 5s,3# 样品蒸发时间为 3s,4# 样品蒸发时间为 1.5s。4 片样品均在沉淀完成后在真空腔内保持 450 C 退火 2 h,然后直接关炉自然冷却到室温。经上述工艺处理后,沉淀形成的薄膜中 InSb 晶体在 SiO₂ 介质表面上形成纳米晶颗粒膜。

在退火过程中,薄膜样品中的 In 原子、Sb 原子和 InSb 分子及原子团重构结晶,并随着退火时间的延长晶体逐步长大,当退火时间足够长时,受膜厚条件的限制颗粒不再长大。同时,温度越高,完成此过程的时间越短。但由于 InSb 中的 Sb 易挥发,热处理时温度不宜高于 450 C,退火时间为 2 h。

2 结果与讨论

为了研究用真空镀膜法制成的 4 片样品表面结构形貌,使用 SPA400 型原子力显微镜在空气中对 4 片基片上的 InSb 薄膜进行 AFM 形貌测量。AFM 测量方式为恒力方式,扫描范围为 $2 \times 2 \mu\text{m}$,扫描精度为 256 行/扫描范围,测量结果如图 1 所示。

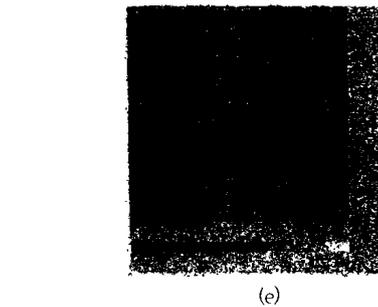
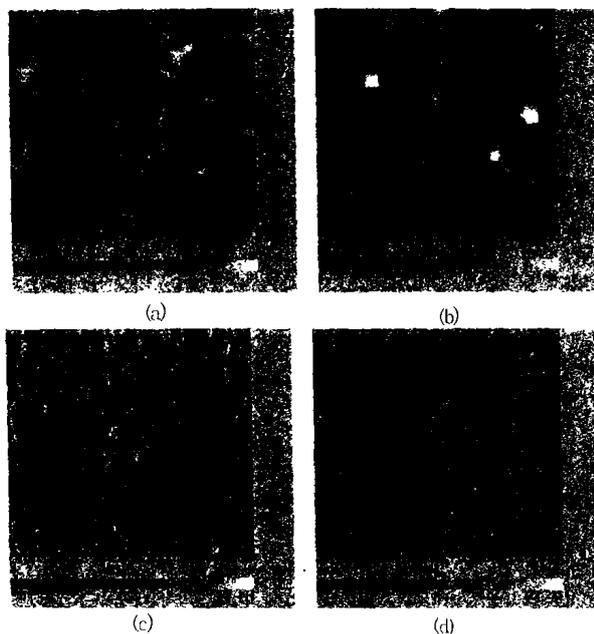


图 1 1#~4# 样品镀膜表面的 AFM 形貌图

(a)、(b)、(c)、(d) 分别代表 1#~4# 样品;

(e) 为未镀膜样品

Fig. 1 The surface scanning pictures of 1#~4# films and clean SiO₂ substrate

对比 4 幅样品的形貌与洁净 SiO₂ 基片表面的图像可以看出,4 个样品都形成了纳米级 InSb 颗粒结构。图 2 为 1# 样品和 2# 样品扫描图对应的三维视图。

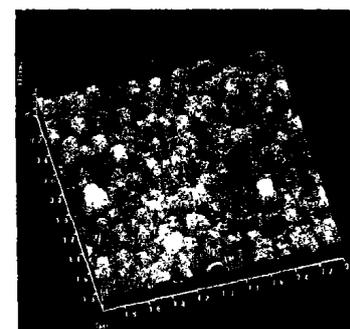
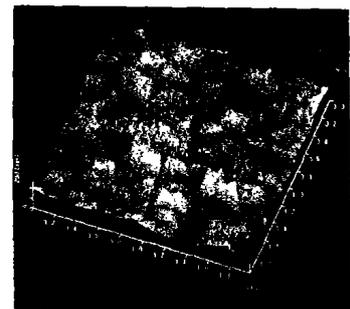


图 2 1# 和 2# 样品扫描图对应的三维视图

Fig. 2 The 3-D pictures corresponding to the surface scanning pictures of 1# and 2# films

由图 1(a) 和图 2(a) 可以清楚地看到,在 SiO₂ 衬底上形成了均匀分布的 InSb 颗粒,颗粒尺寸约为 100~200 nm。与未覆盖薄膜的 SiO₂ 基片的形貌图进行对比可以看出, SiO₂ 晶体的微观形貌与 InSb 纳米颗粒的微观形貌在尺寸上存在很明显的区别, InSb 颗粒比 SiO₂ 晶粒大很多,颗粒尺寸达到数十

纳米级,且颗粒尺寸较均匀。测量结果表明,用真空镀膜法可以在 SiO_2 基片上形成具有纳米结构的 InSb 薄膜。

从图 1(b)和图 2(b)可以看出,分布在 SiO_2 基片上的 InSb 薄膜也是由均匀的纳米级颗粒构成的,颗粒尺寸约为 50nm。很明显,2# 样品颗粒尺寸比 1# 样品小得多,而且颗粒分布也比 1# 更均匀。

由于 3# 和 4# 样品所形成的颗粒较 1# 和 2# 样品尺寸小得多,相对扫描范围较大。为了能更清楚地研究 3# 和 4# 样品的表面形貌特征,我们将扫描范围缩小到 $1\mu\text{m}$,得到了图 3 所示的结果。

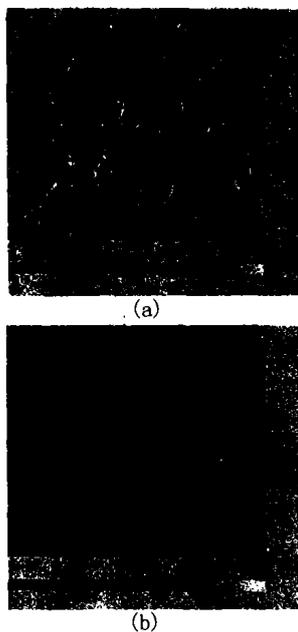


图 3 3# 样品和 4# 样品的扫描图

Fig. 3 The surface scanning pictures of 3# and 4# films

从图 3(a)可以看到,在 SiO_2 基片上也形成了一层由 InSb 纳米颗粒组成的薄膜,颗粒尺寸约为 30 nm,且许多颗粒堆积在一起形成了一些较大的颗粒。从图 3(b)中只能找到少量 InSb 颗粒,颗粒尺寸为 10~30nm,且分布有一定的取向性。

将图 1 和图 3 进行对比观察与分析,可以看出,在一定的热处理条件下,薄膜中颗粒的大小与镀膜时间有关,也就是说与镀在基片上 InSb 的厚度有关。镀膜时间越短,InSb 厚度越小,相同热处理条件下得到的 InSb 颗粒的尺寸也越小。

3 结论

由上面的分析可以得到如下结论:(1) 采用真空镀膜的方法可以在 SiO_2 基片上制备 InSb 纳米薄膜(通过 AFM 观察表明,在 SiO_2 基片上形成了均匀的纳米级 InSb 颗粒膜);(2) 得到了薄膜中 InSb 颗粒大小的形成规律,发现颗粒的尺寸与 InSb 沉积的厚度成正比。

参考文献:

- [1] 朱开贵,等. 镶嵌在 SiO_2 薄膜中的纳米 InSb 颗粒的制备[J]. 科学通报,1998,43(7):1389-1391.
- [2] 关艳霞,等. 热处理条件对溅射法制得的 InSb 薄膜特性的影响[J]. 仪表技术与传感器,2000,34(9):15-16.
- [3] 孙承松,等. 溅射法制备 InSb 薄膜工艺探索[J]. 仪表技术与传感器[J],2001,35(7):35-38.

(上接第 35 页)

改装后的 Mach-Zehnder 干涉仪所产生的莫尔条纹,对机械振动及周围空气、声音、温度和湿度等微小变化反应极其灵敏,因此可应用于机械测量、光纤传感、温控和声控等领域。

参考文献:

- [1] 吴震. 光干涉测量技术[M]. 北京:中国计量出版社,1995.
- [2] 张善钟,等. 计量光栅技术[M]. 北京:机械工业出版社,1985.
- [3] 俞信. 近代莫尔条纹测量技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,1988.