

纳米图形蓝宝石衬底上 MOCVD 外延生长 AlN

董鹏^{1*}, 闫建昌¹, 吴奎¹, 曾建平¹, 丛培沛¹, 孙莉莉¹, 蓝鼎², 王军喜¹, 李晋闽¹

¹中国科学院半导体研究所, 北京市海淀区清华东路甲 35 号 100083

²中国科学院力学研究所, 北京市海淀区北四环 15 号 100190

dongpeng@semi.ac.cn

AlGaN 基的深紫外 LED 在消毒杀菌、生物医学、保密通信、紫外固化等领域具有广泛的应用前景。高质量、低位错密度的 AlN 模板是实现深紫外 LED 高效率发光的重要基础。为了降低 AlN 模板的位错密度, 有研究组在微米级(2~5 μm)的沟槽型蓝宝石衬底上 MOCVD 外延 AlN 模板的技术, 通过 AlN 材料的侧向外延, 有效的降低了穿透位错密度。^[1,3] 但是由于 Al 原子的表面粘附性大, 迁移率低, 侧向合并困难, 对于微米级图形需要生长较厚的 AlN (10~20 μm)才能完全合并, 导致外延时间代价较大。^[1,3] 采用纳米级的图形的可以大幅度减少 AlN 模板所需的合并厚度从而大大节约 MOCVD 外延生长时间, 提高外延效率。

本研究通过纳米自组装的方法制备纳米图形蓝宝石衬底, 具体方法为, 首先采用提膜法在 2 英寸蓝宝石衬底的(0001)面提拉出均匀分布的单层纳米级 PS 球, 再以 PS 球为掩膜通过优化的 ICP 工艺刻蚀蓝宝石衬底, 即可形成纳米圆台型的蓝宝石图形衬底。然后在纳米图形蓝宝石衬底上 MOCVD 外延生长约 4 μm AlN, 具体生长过程为: 首先低温(500~600 $^{\circ}\text{C}$)生长 25 nm 低温 AlN 缓冲层, 然后升高温度至约 1200 $^{\circ}\text{C}$ 外延生长 AlN 模板, 反应室压强保持 50 torr。

图 1 (a)为蓝宝石图形衬底的 SEM 形貌图, 图形直径约 800 nm、周期约 1 μm , 刻蚀深度约 50nm, 图形形状一致且均匀分布。(b)为 AlN 的截面 SEM 形貌图, 表明获得了完全合并并且无开裂的 AlN。

图 2 是 AlN 的 HRXRD 摇摆曲线测试结果, 其中(002)的摇摆曲线半峰宽为 370 arcsec, (102)的摇摆曲线的半峰宽只有 493 arcsec, 根据相应的半高宽估算 AlN 外延层中的螺位错密度约为 10^8 cm^{-2} 量级, 刃位错密度 10^9 cm^{-2} 量级, 而在平面蓝宝石衬底上外延生长 AlN 模板的 XRD (102)摇摆曲线往往高达 700~1000 arcsec, 相比之下, 基于纳米图形蓝宝石衬底外延的 AlN 外延层的刃位错密度大大下降, 表明纳米图形衬底不仅提高了外延效率, 也可以有效的提高外延层的晶体质量。

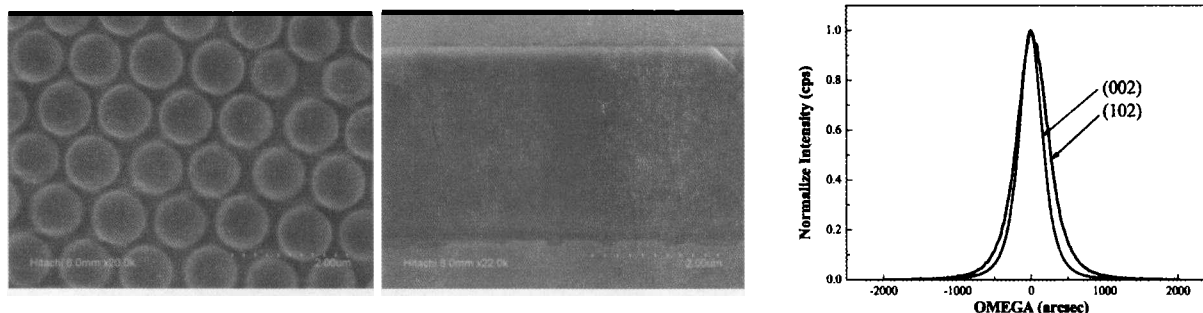


图 1(a)纳米蓝宝石 SEM 形貌图, (b)AlN 截面 SEM 形貌图 图 2、AlN 的 HRXRD(002)和(102)摇摆曲线

参考文献:

- [7] K. Nakano, M. Imura, H. Amano et al. Phys. Status Solidi A 203 (2006) 1632-1635
 [8] M. Imura, K. Nakano, T. Kitano, N. Fujimoto et al. Appl. Phys. Lett. 89 (2006) 221901