

采用同步辐射 XRD 方法研究了蓝宝石 (0001) 衬底上 MOCVD 侧向外延生长的六方相 GaN 中的堆垛层错。

2 实验

采用 MOCVD 法在蓝宝石 (0001) 衬底上用传统的二步法生长 $2\mu\text{m}$ 的 GaN, 随后用等离子增强化学气相沉积 (PECVD) 方法沉积 50nm 的 SiN_x . 采用标准光刻和刻蚀工艺制作窗口为 $3\mu\text{m}$, 周期为 $23\mu\text{m}$ 的长条图形. 掩膜条沿 $(1-100)_{\text{GaN}}$ 方向. 侧向外延生长压力为 $13-40\text{kPa}$, 温度为 $1020^\circ\text{C}-1080^\circ\text{C}$, 分别以 TMGa 和氨气为 III 族和 V 族源, 氢气为载气.

常规的结构表征是在日本理学 SLX-IA 型双晶衍射仪上进行的. 同步辐射实验在北京同步辐射研究室漫散射实验站的 X 射线四圆衍射仪上进行. “四圆”是指衍射操作中的有效转动圆: ω , 2θ , χ 和 φ 圆. ω 为入射束与样品表面的夹角, 2θ 为入射束与衍射束的夹角. χ 是试样表面与仪器平面的夹角, $\chi = 0$ 时, 样品表面的法线方向平行于仪器平面, φ 圆则围绕着样品表面的法线方向旋转.

3 结果和讨论

图 2 是侧向外延 GaN 的 (0002) mapping, 其中 X 射线衍射平面垂直于 GaN 的 $\langle 10-10 \rangle$ 晶向. 在图 2 中, 沿 ω 扫描的方向可以观察到 5 个衍射峰, 其中中间的主峰对应于侧向外延 GaN 中窗口区 GaN, 而 4 个侧翼峰则是由侧翼区晶面倾斜引起. 但是这 5 个峰对应于相同的 2θ 值, 说明该样品中侧翼区和窗口区 GaN 的 (0002) 晶面的晶面间距相同.

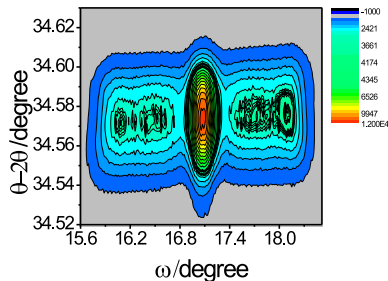


图 2 沿 $(11-20)_{\text{GaN}}$ 方向测量的侧向外延 GaN 的 (0002) mapping

图 3 示出了该侧向外延样品的低温光致发光谱, 其中测量的温度为 20K , 激发光源采用波长为 325nm (3.824eV) 的 He-Cd 激光器. 除了在 3.496eV 处可以看

到 GaN 的近带边发射之外, 在 3.414eV 处还可以观察到明显的发射峰. 一般认为这是由于 GaN 外延层中与堆垛层错相关的发射峰, 3.414eV 的峰位与文献报道的 $3.40-3.42\text{eV}$ 较为吻合^[4-6].

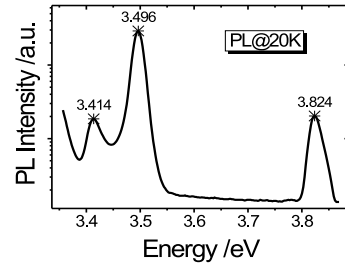


图 3 20K 下侧向外延 GaN 样品的光致发光谱

为了进一步验证光致发光谱中观察到的发光峰, 采用同步辐射 XRD 对该样品进行表征, 分别做 GaN 六方相 (10-12) 面的极图以及立方相 (002) 面的极图. 图 4 为这两个极图的叠加. 在六方 GaN 中, (10-12) 晶面和 (0002) 晶面的夹角 (即 χ 角) 为 43.2° . 所以, 图 4 中 χ 角较小的一组衍射花样对应于六方 GaN (10-12) 晶面的衍射信息. 此外, 在进行 GaN (111) 的极图测量时, 还在 χ 角为 60° 附近观察到 6 个衍射峰, 这对应于立方相 (002) 晶面的衍射信息. 根据早期在 GaAs 衬底上 MOCVD 生长立方相 GaN 的研究, 结晶学亚稳相的立方相 GaN 很容易出现六方相 GaN 的混相, 其中六方相 GaN 择优在立方相 GaN 的 $\langle 111 \rangle$ 方向上成核长大, 即六方相 GaN 的 (0002) 面平行于立方相 GaN 的 (111) 面, $\langle 0001 \rangle$ 晶向平行于 $\langle 111 \rangle$ 晶向. 由于立方相 (002) 面和 (111) 面的夹角为 54.7° , 所以 (002) 面和 (0002) 面的夹角 (即 χ 角) 为 54.7° , 所以在图 4 中的立方相 GaN 极图中在 χ 角为 60° 附近观察到立方相 (002) 的衍射信息. 由此可以确定, 在样品中确实存在由于堆垛层错引起的微量立方相.

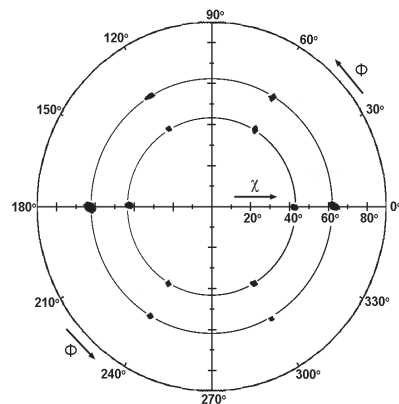


图 4 GaN 立方相 (002) 面和六方相 (10-12) 面的极图

4 结论

本文采用低温光致发光谱观察到蓝宝石(0001)衬

底上MOCVD侧向外延生长的六方相GaN中与堆垛层错相对应的发光峰, 并首次采用同步辐射XRD方法确定了侧向外延生长的六方相GaN中的堆垛层错。

参考文献(References)

- 1 Kato Y, Kitamura S, Hiramatsu K et al. *J. of Cryst. Growth*, 1994, **144**: 133—140
- 2 Nakamura S. In: *Proceedings of the Second International Conference on Nitride Semiconductor*, Tokushima, 1997
- 3 Dovidenko K, Oktyabrsky S, Narayan J. *J. Appl. Phys.*, 1997, **82**(9): 4296—4299
- 4 Rebane Y T, Shreter Y G, Albrecht M. *Phys. Stat. Sol.*, (a) 1997, **164**: 141—144
- 5 Fischer S, Steude G, Hofmann D M et al. *J. Cryst. Growth*, 1998, **189/190**: 556—560
- 6 BAI J, Dudley M, CHEN L et al. *J. Appl. Phys.*, 2005, **97**(11): 116101
- 7 LIU R, Bell A, Ponce F A et al. *Appl. Phys. Lett.*, 2005, **86**(2): 21908

Study on the Stacking Faults in Hexagonal GaN Grown by Epitaxy Lateral Overgrowth with Synchrotron Radiation*

CHEN Jun^{1;1)} WANG Jian-Feng¹ ZHANG Ji-Cai¹ WANG Hui¹ HUANG Yong¹
WANG Yu-Tian¹ YANG Hui¹ JIA Quan-Jie²

1 (Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China)

2 (Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract By means of low temperature photoluminescence and synchrotron radiation X-ray diffraction, existence of stacking faults has been determined in epitaxy lateral overgrowth GaN by metalorganic chemical vapor deposition.

Key words GaN, metalorganic chemical vapor deposition (MOCVD), epitaxy lateral overgrowth, stacking faults, synchrotron radiation X-ray diffraction (XRD), pole figure

*Supported by National High Technology Research and Development Program of China (2001AA313100)

1) E-mail: jchen@red.semi.ac.cn