

GaN 外延层中的缺陷对光学性质的影响*

康俊勇 黄启圣 小川智哉^{a)}

(厦门大学物理系, 厦门 361005)

^{a)} (学习院大学理学部, 东京都 171, 日本)

摘要 用金属有机化合物气相外延(MOVPE)方法生长具有不同表面形貌的非掺杂 GaN, 并对部分样品的外延层表面进行镜面加工. 用阴极射线发光、光散射和拉曼散射方法观察 GaN 中深能级发光、缺陷散射光分布和拉曼散射光频移. 结果表明, 缺陷不但影响 GaN 的发光和光散射, 而且影响拉曼频移.

关键词 GaN, 缺陷, 光学性质

1 引 言

GaN 半导体及相关化合物在短波长光电器件、高温器件、大功率器件和高温大功率器件等方面有广泛的应用前景. 近年来, 由于用外延法能生长出具有平整表面 GaN 薄膜, 使 GaN 的应用迅速得到推广^[1]. 于是, 相继有 GaN 高亮度蓝色发光管^[2]、蓝光脉冲激光器、蓝光连续波激光器研制成功的报道^[3]. 目前, 日亚化学工业公司研制出的 GaN 蓝光连续波激光器的工作寿命已能达到一万小时^[4]. 由于 GaN 外延时, 极易产生缺陷, 因此, 有必要对 GaN 外延层的缺陷及光学性质进行研究.

报道了用 MOVPE 方法生长具有不同表面形貌的非掺杂 GaN. 对部分外延层的表面进行镜面加工. 通过阴极射线发光、光散射和拉曼散射方法观察 GaN 外延层光学性质和缺陷的变化. 探讨缺陷与光学性质变化的物理联系.

2 实验方法

GaN 样品用常压 MOVPE 系统在蓝宝石衬底的(0001)晶面上生长^[5]. 在1150 用 H₂和NH₃混合气流氮化衬底表面. 在550 生长厚度约为20nm 的缓冲层. 在1050 用三甲基镓和 NH₃气体生长厚度为4~10μm 的外延层, 氮化时间较长的样品 A 表面呈六角小丘结构; 氮化时间较短的样品 B 表面平整. 被抛光表面的外延层厚度控制在4μm.

样品的表面形貌和阴极射线发光由 JEOL JSM-5300扫描电子显微镜观测. 发光探测器探测波长范围为400~650nm. 光散射测量所用 GaN 样品的(0001)晶面平行于 xy 平面放置; 激光经聚焦后沿 x 方向入射到外延层; 在 z 方向观测散射光. 用 $x(y, x)z$ 方式测量样品的拉曼散射, 散射光由 SPEX-1887光谱仪分光、CCD 探测器探测.

3 结果与分析

用电子背散射观测样品表面形貌. 样品 A 的外延层表面呈多六角小丘结构, 小丘由

* 国家自然科学基金和福建省自然科学基金资助课题

1998年5月30日收到

的规律. 这些缺陷不但能对光散射, 而且其相关深能级能产生阴极射线发光.

用 $x(y, x)z$ 方式观测抛光样品的拉曼散射. 样品 A 和 B 的 E2 模散射光拉曼频移分别为 571 和 566 cm^{-1} . 根据已知的实验结果, E2 模散射光拉曼频移随样品中应力的增加而增大^[7]. 分析认为, 样品 A 中的应力比样品 B 的大; 其原因可能是样品 A 中引起光学性质不均匀的缺陷密度低, 能容纳衬底和 GaN 薄膜间晶格失配所产生应力的缺陷较少.

4 结 论

用 MOVPE 方法生长具有不同表面形貌的非掺杂 GaN, 并对部分样品 A 和 B 的外延层表面进行镜面加工. 通过阴极射线发光方法观察外延层中缺陷深能级发光的分布; 用光散射方法观察缺陷散射光的分布; 通过拉曼散射分析外延层的拉曼频移. 结果表明, GaN 中的缺陷不但影响发光和光散射性质, 而且影响拉曼频移.

参 考 文 献

- [1] Amano H *et al*, Appl. Phys. Lett., 1986, **48**: 353.
- [2] Nakamura S *et al*, Appl. Phys. Lett., 1994, **64**: 1687.
- [3] Akasaka I *et al*, Jpn. J. Appl. Phys., 1995, **34**: L1517;
Nakamura S *et al*, Jpn. J. Appl. Phys., 1996, **35**: L74.
- [4] Nakamura S *et al*, Proc. ICNS'97, Oct., 1997, Tokushima, Japan, p. 444.
- [5] Kang Junyong *et al*, Appl. Phys. Lett., 1997, **71**: 2304.
- [6] Ponce F A *et al*, Appl. Phys. Lett., 1996, **68**: 57.
- [7] Kozawa T. *et al*, Appl. Phys., 1995, **77**: 4389.

INFLUENCE OF DEFECTS ON THE OPTICAL PROPERTIES OF GaN EPILAYERS

Kang Junyong Huang Qisheng Ogawa Tomoya^{a)}

(*Department of Physics, Xiamen University, Xiamen 361005*)

^{a)}(*Department of Physics, Gakushuin University, Tokyo 171, Japan*)

Abstract

Undoped GaN epilayers with different surface morphologies were grown by MOVPE, and surfaces of part of epilayers were polished. Luminescence distribution of deep levels, scattering light of defects, and Raman shift were measured by cathodoluminescence, light scattering, and Raman scattering, respectively. The results show that the defects in GaN epilayers influence not only on the luminescence and light scattering properties but also on the Raman shifts.

Key words GaN, defect, optical property

六个小面构成,小面相交构成的晶棱在(0001)晶面内的投影平行于 $11\bar{2}0$ 晶向,小丘的尺度在数十微米量级.样品 B 的外延层表面在宏观上呈镜面.

对于样品 A,在小丘的顶端、晶棱、小面处,发光强度依次减弱.对于样品 B,阴极射线发光强度在宏观上分布相对均匀.这与已有的观察结果一致^[6].人们知道,阴极射线发光强度不但取决于单位面积发光强度,而且取决于纵向发光厚度.为了避免表面形貌引起的纵向发光厚度变化的影响,我们进一步观测了抛光样品的阴极射线发光.对于样品 A,发光强度分布的均匀性有很大的改善,发光强度分布主要由一些沿 $11\bar{2}0$ 方向排列的线段和一些无规的大斑点组成,如图1(a)所示.对于样品 B,发光强度分布未见有显著变化,发光强度分布主要由无规的微小斑点组成,如图1(b)所示.由于探测器的探测能量范围远小于带隙,图1主要代表缺陷深能级的发光分布.

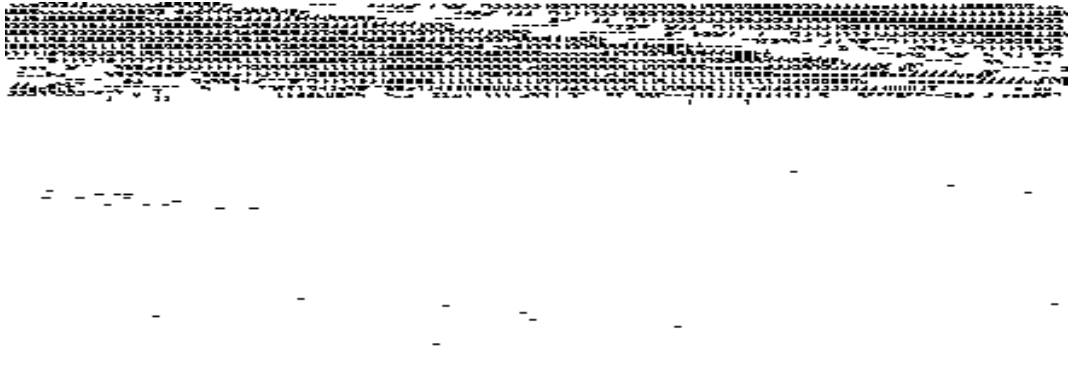


图1 样品 A(a) 和 B(b) 的阴极射线发光

Fig. 1 Distributions of cathodoluminescence in the epilayers of sample A (a) and B (b).

用光散射法观测到的表面抛光的 GaN 外延层缺陷散射光分布如图2所示.对于样品 A,外延层中缺陷散射光主要分布在三组平行的线条上,并相互交叉形成网络,如图2(a)所示.这三组线条平行 $11\bar{2}0$ 晶向.对于样品 B,散射光分布较密集,并且无明显分布规律,如图2(b)所示.缺陷散射光的分布与阴极射线发光分布基本一致,这进一步表明,样品 A 外延层中缺陷主要沿 $11\bar{2}0$ 晶向分布;样品 B 外延层中的缺陷分布无明显



图2 样品 A(a) 和 B(b) GaN 外延层中的缺陷散射光分布图

Fig. 2 Distributions of defect scattering light in the epilayers of sample A (a) and B (b).