

Epitaxial Growth and Characterization of Gallium Nitride Thin Films

曾偉豪、武東星

E-mail: 8809450@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

In this thesis, the influence of the gallium nitride (GaN) surface morphology by buffer layer process was investigated. The GaN epilayer was grown on the c-face Al₂O₃ by using the horizontal type metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD). Before depositing the GaN, the buffer layer was deposited. By the two-step growth method, the stress of the difference in the lattice mismatch and thermal expansion between GaN and Al₂O₃ can be released, and the GaN thin films with fine characteristics were obtained. As growing the GaN materials, the chamber pressure of MOCVD was maintained at 100 Torr. To prevent the pre-reaction of the NH₃ and III-element materials, the two channel structure to separate III group and V group reactants by the quartz plate in front of the reactor tube was designed. Before growing the GaN, the III group reactants was flowing at under channel, V group reactants was flowing at upper channel. The reactants are well mixed before reaching the graphite susceptor. From the AFM measurement, it was found that the surface morphologies of GaN buffer layers were strong dependence on the ramp temperature from buffer layer growth temperature to epilayer growth temperature, the difference percent between with NH₃ and N₂. The GaN buffer layer with flatten surface can be achieved after thermal annealing with greater temperature raise rate when the layer was proceed at large flow rate of NH₃ and nitrogen free condition. Finally, the GaN films were measured and analysed by X-ray diffraction (XRD), photo-luminance (PL), atomic force microscopy (AFM) and scanning electronic microscopy (SEM) to determine the most suitable parameters for GaN growth. In this thesis, the mirror-like GaN films can be obtained while films are grown at large flow rate of NH₃, and the growth rate is 0.6 micro*meter/h, the surface roughness is 9 angstrom, the FWHM of XRD with (0002) plane is 0.05 degree, the FWHM of PL with low temperature (77K) is 34 meV, and the carrier concentrations with 10e17~10e18 cm⁻³ is obtained by van der Pauw measurement.

Keywords : Gallium Nitride ; buffer layer ; MOCVD ; two channel structure ; AFM ; to separate ; prereaction ; two-step growth

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	v
Abstract.....	vi	誌謝.....	viii
目錄.....	xii	表目錄.....	xiii
第一章 簡 述.....	1	1.1 氮化鎵發展沿革.....	1
1.2 一些雙層流反應管的比較.....	2	第二章 有機金屬化學氣相沉積系統設計.....	5
2.1 流量與控壓系統設計.....	5	2.2 加熱系統設計.....	5
2.3 反應管設計.....	6	第三章 實驗步驟.....	8
3.1 基板的清洗.....	8	3.2 反應物.....	8
3.3 實驗流程設計.....	8	3.4 量測方法.....	10
3.4.1 SEM觀察.....	10	3.4.2 AFM觀察.....	10
3.4.3 XRD量測.....	10	3.4.4 霍爾量測.....	11
3.4.5 PL量測.....	11	第四章 結果與討論.....	13
4.1.1 GaN緩衝層的成長速率.....	14	4.1.2 厚的緩衝層表面形貌觀察.....	14
4.1.3 厚的緩衝層表面形貌觀察.....	15	4.2 升溫速率對GaN緩衝層表面平坦度的影響.....	16
4.2.1 升溫時氣氛因素影響GaN緩衝層表面的形態.....	17	4.2.2 N ₂ 與NH ₃ 不同比例的升溫氣氛對緩衝層表面形貌的影響.....	18
4.2.3 XRD分析不同氣氛熱處理GaN緩衝層試片的結晶狀態.....	19	4.2.4 升溫時NH ₃ 流量GaN緩衝層表面形貌的影響.....	20
4.3 摻入N ₂ 成長GaN緩衝層對GaN磊晶層的比較.....	21	4.3.1 不同緩衝層成長溫度對磊晶層的表面狀態的比較.....	21
4.3.2 不同緩衝層成長時間對磊晶層的表面狀態的比較.....	22	4.3.3 磊晶成長溫度對磊晶層結晶特性的影響.....	23
4.4 使用大流量NH ₃ 成長GaN磊晶層的比較.....	23	4.4.1 不同緩衝層成長時間對磊晶層的影響.....	24
4.4.2 不同緩衝層成長溫度對磊晶層的表面狀態的比較.....	24	4.5 反應氣體流速對GaN磊晶膜的影響.....	25
4.6 厚度對磊晶膜品質的影響.....	26	第五章 結論.....	28
參考文獻.....	30	圖 目 錄.....	32
圖 1.1 III - V材料能帶與晶格常數關係圖.....	32	圖 1.2 GaN在有無緩衝層的基板成長示意圖.....	33
圖 1.3 GaN成長在適當緩衝層厚度的過程圖.....	34	圖 1.4 (a) S. Nakamura et al.用來成長GaN的反應管結構圖;(b)該反應管氣體流向圖.....	35
圖 1.5 (a) K. Nishida et al.用來成長GaN的反應管結構圖;(b)該反應管氣體流向圖.....	36	圖 1.6 (a) C. R. Lee et al.用來成長GaN的反應管結構圖;(b)H. Tokunaga et al.用來成長GaN的反應管結構圖.....	37
圖 2.1 MOCVD系			

統.....	38	圖2.2 反應管結構圖.....	39	圖3.1 氮化鎵成長流程圖.....	40
圖3.2 光激發光量測系統.....	41	圖4.1 直接在Al ₂ O ₃ 基板上磊晶成長GaN的 SEM圖(a)斜視圖;(b)俯視圖.....	42	圖4.2 氮化鎵緩衝層成長流程圖.....	43
圖4.3 GaN緩衝層成長溫度與厚度的關係.....	44	圖4.4 不同溫度成長GaN緩衝層1小時的表面形態:(a)500 ;(b)550	45	圖4.4 不同溫度成長GaN緩衝層1小時的表面形態:(c)600	46
圖4.5 不同溫度成長GaN緩衝層的表面平坦度.....	47	圖4.6 不同緩衝層成長溫度的XRD圖.....	48	圖4.7 氮化鎵緩衝層熱處理流程圖.....	49
圖4.8 用AFM觀察不同升溫速率處理GaN緩衝層表面平坦度.....	50	圖4.9 AFM觀察不同NH ₃ :N ₂ 比例熱處理GaN緩衝層的表面平坦度.....	51	圖4.10 不同氣氛下升溫熱處理GaN緩衝層試片的XRD圖.....	52
圖4.11 用AFM觀察不同NH ₃ 流量對GaN緩衝層作升溫熱處理後的表面平坦度:(a)沒有經過升溫熱處理.....	53	圖4.11 用AFM觀察不同NH ₃ 流量對GaN緩衝層作升溫熱處理後的表面平坦度:(b) NH ₃ 流量為2 SLM.....	54	圖4.11 用AFM觀察不同NH ₃ 流量對GaN緩衝層作升溫熱處理後的表面平坦度:(c) NH ₃ 流量為4 SLM.....	55
圖4.12 SEM觀察不同GaN緩衝層成長溫度對 GaN磊晶層表面影響:(a)500	56	圖4.12 SEM觀察不同GaN緩衝層成長溫度對 GaN磊晶層表面影響:(c)550 ;(d)600	57	圖4.13 低溫(77K)PL分析緩衝層(通入N ₂)成長溫度對 磊晶層的影響.....	58
圖4.14 GaN磊晶層表面形貌與緩衝層成長時間關係: (a) 30 sec;(b) 40 sec.....	59	圖4.14 GaN磊晶層表面形貌與緩衝層成長時間關係: (c) 1 min 40 sec.....	60	圖4.15 不同溫度磊晶成長比較:(a)1000 ;(b)1050	61
圖4.16 不同磊晶成長溫度的GaN薄膜的低溫(77k)PL量測: (a) 1050 ;(b) 1000	62	圖4.17 不同磊晶成長溫度的GaN薄膜的低溫(77k)PL量測:(a) 1050 ;(b) 1000	63	圖4.18 不同溫度成長GaN磊晶膜的XRD分析.....	64
圖4.19 不同緩衝層成長溫度對磊晶層的影響:(a) 500 ;(b) 550	65	圖4.19 不同緩衝層成長溫度對磊晶層的影響:(c) 600	66	圖4.20 XRD分析緩衝層成長溫度對磊晶層的影響.....	67
圖4.21 二片Al ₂ O ₃ 在石墨舟同時成長GaN不同位置比較圖.....	68	圖4.22 比較Al ₂ O ₃ 在石墨舟不同位置成長氮化鎵表面SEM照片:(a)置於石墨舟前方;(b)置於石墨舟後方.....	69	表目錄表1.1 不同材料的晶格常數與熱膨脹係數比較.....	70
表3.1 氮化鎵在低溫的螢光主峰狀態.....	71				

REFERENCES

1. S. Nakamura, and G. Fasol, THE BLUE LASER DIODE, Springer, 1997.
2. S. Nakamura, M. Senoh, S. Nagahama, N. Iwasa, T. Yamada, T. Matushita, Ysugimoto and H. Kiyoku, Jpn. J. Appl. Phys. Lett. 36,L1059(1997).
3. S. Strite and H. Morkoc, J. Vac. Sci. Technol. B, 10, 1237 (1992).
4. K. Hiramatsu, S. Itoh, H. Amano, and I Akasaki, J. Crystal Growth, 115, 628(1991).
5. K.Nishida, S. Haneda, K. Hara, H. Munekata, and H. Kukimoto, J. Crystal Growth, 170, 312(1997).
6. K.Nishida, S. Haneda, K. Hara, H. Munekata, and H. Kukimoto, Appl. Surf. Scie. 117/118, 530(1997).
7. C. R. Lee, S. J. Son, I. H. Lee, J. Y. Leem, and Sam Kyu Noh, J. Crystal Growth, 182, 11(1997).
8. H. Tokunaga, I.Waki, A. Yamaguchi, N. Akutstu, and K. Matsnmoto, J. Crystal Growth, 189/190, 519(1992).
9. Z. J. Yu, J. H. Edger, A.U. Ahmed, and A. Rys, J. Electrochem. Soc. 138, 196(1991).
10. K.Ito, K. Hiramatsu, H. Amano , and I.Akasaki, J. Crystal Growth, 104, 553(1990).
11. CHEMISTRY OF THE SEMICONDUCTOR INDUSTRY, p.248,1986.
12. S. Keller, B. P. Keller, Y. F. Wu, B. heyng, D. Kapolnek, J. S. Speck, U. K. Mishra, And S. P. DenBaars, Appl. Phys. Lett. 68(11), 1525(1996).
13. J.C. Ramer, K. Zheng, C.F. Kranenberg, M. Banas, and S.D. Hersee, MATERIALS RESEARCH SOCIETY SYMPOSIUM PROCEEDING VOLUME 395, 225(1996).