

目錄

| | |
|-----------|-----|
| 中文摘要..... | I |
| 英文摘要..... | II |
| 誌謝..... | III |
| 目錄..... | IV |
| 表目錄..... | VI |
| 圖目錄..... | VII |

| | |
|-------------|---|
| 第一章 序論..... | 1 |
|-------------|---|

第二章 實驗原理

| | |
|--------------------------|----|
| 2.1 引言..... | 6 |
| 2.2 氮化鎵之結構與磊晶特性..... | 6 |
| 2.3 氮化鎵側向成長之磊晶特性..... | 8 |
| 2.4 氮化鎵之化學蝕刻原理與蝕刻特性..... | 10 |
| 2.5 氮化鎵ELOG結構之蝕刻..... | 15 |

第三章 實驗儀器與樣品製備

| | |
|-------------------|----|
| 3.1 引言..... | 18 |
| 3.2 氮化鎵厚膜之製備..... | 18 |
| 3.3 化學蝕刻流程簡介..... | 20 |
| 3.4 量測分析儀器簡介..... | 27 |

第四章 實驗結果分析與討論

| | | |
|-----|-----------------------|----|
| 4.1 | 引言..... | 31 |
| 4.2 | 蝕刻隧道之形成與基本特性..... | 31 |
| 4.3 | 蝕刻隧道深度與溫度調變分析..... | 49 |
| 4.4 | 蝕刻隧道深度與時間調變分析..... | 56 |
| 4.5 | 磷酸-硫酸混合液對蝕刻隧道的作用..... | 60 |
| 4.6 | Pendeo 結構之蝕刻..... | 63 |
| 4.7 | 點狀 ELO 結構之蝕刻..... | 67 |
| 4.8 | 蝕刻隧道在分離氮化鎵厚膜之應用..... | 69 |

| | | |
|-----|------------|----|
| 第五章 | 結論與展望..... | 70 |
|-----|------------|----|

| | |
|-----------|----|
| 參考文獻..... | 73 |
|-----------|----|



表目錄

第二章

| | |
|-----------------------------------|----|
| 表2-4-1 各種蝕刻溶液在75°C左右對GaN與AlN之蝕刻速率 | 11 |
| 表2-4-2 各種蝕刻液對GaN之蝕刻情形 | 12 |

第三章

| | |
|--------------------------------|----|
| 表 3-3-1 各種材料對 Molten KOH 的抵抗特性 | 23 |
|--------------------------------|----|

第四章

| | |
|----------------------|----|
| 表 4-3-1 蝕刻溫度與隧道深度之數據 | 50 |
| 表 4-3-2 蝕刻溫度與隧道擴大數據 | 54 |
| 表 4-4-1 蝕刻時間與隧道擴大數據 | 58 |



圖目錄

第一章

| | |
|---------------------------|---|
| 圖 1-1 氮化鎵薄膜在蝕刻後側面之 SEM 圖形 | 4 |
| 圖 1-2 氮化鎵蝕刻後之表面 AFM 圖形 | 4 |

第二章

| | |
|---|----|
| 圖2-2-1 氮化鎵之Wurtzite結構 | 6 |
| 圖2-2-2 氮化鎵之各晶軸關係 | 7 |
| 圖2-3-1 氮化鎵側向成長示意圖 | 8 |
| 圖2-3-2 ELOG區域缺陷的延伸情形 | 9 |
| 圖2-4-1 GaN之鍵結結構 | 10 |
| 圖2-4-2 N-face經過2.2M KOH溶液蝕後，顯露出 $\{10\bar{1}\bar{1}\}$ 面之角錐 | 13 |
| 圖2-4-3 經Molten KOH蝕刻之GaN，在邊緣處呈現 $\{10\bar{1}\bar{1}\}$ 面 | 13 |
| 圖 2-4-4 氮化鎵經 KOH 蝕刻後，在表面形成許多蝕刻孔洞 | 13 |
| 圖 2-4-5 氮化鎵經過磷酸蝕刻後所留下的孔洞分佈 | 13 |
| 圖 2-5-1 GaN ELOG 區域蝕刻示意圖 | 16 |
| 圖2-5-2 側向蝕刻隧道之外觀 | 17 |

第三章

| | |
|-----------------------------------|----|
| 圖3-2-1 HVPE GaN結構圖 | 18 |
| 圖3-2-2 HVPE GaN之SEM圖 | 19 |
| 圖3-3-1 實驗裝置示意圖 | 20 |
| 圖3-3-2 鐵氟龍載具之設計 | 24 |
| 圖3-3-3 實驗流程示意圖 | 26 |
| 圖3-4-1 電子束撞擊試片時，各種訊號產生範圍與空間解析度示意圖 | 27 |
| 圖 3-4-2 原子力顯微鏡探針偏移訊號取得示意圖 | 29 |

第四章

| | |
|--|----|
| 圖4-2-1 蝕刻隧道之形成過程 | 32 |
| 圖 4-2-2 Molten KOH 230°C 1min 蝕刻後之 EDX 分析 | 34 |
| 圖4-2-3 Molten KOH 230°C 10min | 35 |
| 圖4-2-4 隧道斜邊與底邊呈58° 夾角 | 36 |
| 圖4-2-5 ELOG磊晶呈現之晶格面 | 36 |
| 圖4-2-6 {10-1-1}六角錐結構示意圖 | 37 |
| 圖4-2-7 蝕刻隧道與特殊面之關係 | 38 |
| 圖4-2-8 Pattern方向與隧道斜面之關係 | 39 |
| 圖4-2-9 分離後之GaN背面 | 39 |
| 圖4-2-10 條紋為 $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 方向之樣品，其Mask方向與穩定面之關係圖 | 39 |
| 圖4-2-11 $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 方向之蝕刻隧道 | 40 |
| 圖4-2-12 A-plane所見隧道斜面之夾角 | 40 |
| 圖4-2-13 隧道內部的蝕刻情形 | 41 |
| 圖4-2-14 接合後的隧道表面 | 41 |
| 圖4-2-15 隧道表面接合處之六角錐結構 | 42 |
| 圖4-2-16 230°C 6小時Molten KOH蝕刻後之隧道內側 (T060504) | 43 |
| 圖 4-2-17 蝕刻隧道之內側圖形 (T060504) | 44 |
| 圖4-2-18 蝕刻隧道之底面 (T060504) | 45 |
| 圖4-2-19 隧道寬度隨蝕刻深度的變化關係 (T060504) | 46 |
| 圖4-2-20 Dislocation的延伸區域與蝕刻隧道的位置關係 | 47 |
| 圖4-2-21 蝕刻隧道之內壁 | 48 |
| 圖4-2-22 隧道底部的Etching Pit | 48 |
| 圖4-3-1 經超過250°C，Molten KOH蝕刻30分鐘之顯微鏡圖形 | 49 |
| 圖4-3-2 蝕刻深度-溫度關係圖 | 51 |
| 圖4-3-3 170°C Molten KOH 30 min | 52 |
| 圖4-3-4 蝕刻深度-溫度關係圖(對數處理) | 53 |
| 圖4-3-5 170°C 30 min | 55 |
| 圖4-3-6 190°C 30 min | 55 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 圖4-3-7 210°C 30 min | 55 |
| 圖4-3-8 230°C 30 min | 55 |
| 圖4-3-9 250°C 30 min | 55 |
| 圖4-4-1 蝕刻深度-溫度-反應時間關係圖 | 56 |
| 圖4-4-2 250°C 10 min | 59 |
| 圖4-4-3 250°C 30 min | 59 |
| 圖4-4-4 250°C 60 min | 59 |
| 圖4-4-5 250°C 90 min | 59 |
| 圖4-5-1 由左而右依序為磷酸-硫酸蝕刻前、1hr、2hr之SEM圖形 | 60 |
| 圖4-5-2 210°C磷酸-硫酸混合液蝕刻1hr的情形 | 61 |
| 圖4-5-3 2002 Sumitomo ELOG Epi. | 61 |
| 圖4-5-4 210°C磷酸-硫酸混合液蝕刻2hr的情形 | 62 |
| 圖4-6-1 Pendeo 結構示意圖 | 63 |
| 圖4-6-2 蝕刻前的Pendeo結構 | 64 |
| 圖4-6-3 蝕刻後的Pendeo結構 | 64 |
| 圖4-6-4 Wide void Pendeo 結構示意圖 | 65 |
| 圖4-6-5 Wide void Pendeo 結構之SEM圖 | 65 |
| 圖4-6-6 蝕刻後之Wide void Pendeo結構 | 66 |
| 圖4-7-1 點狀結構示意圖 | 67 |
| 圖4-7-2 蝕刻前之點狀結構側面圖 | 67 |
| 圖4-6-3 蝕刻後之Spot Pattern結構 | 67 |
| 圖 4-6-4 點狀結構經過分離後背面的圖形 | 68 |
| 圖4-8-1 化學蝕刻分離後之GaN厚膜 | 69 |