

國立交通大學

電子物理研究所

碩士論文

氫氣處理對氮化鎵表面影響之研究

The Effects of Hydrogen Treatment on GaN Surface

研究生：徐瑩珈

指導教授：李威儀博士

中華民國九十九年七月

氫氣處理對氮化鎵表面影響之研究

The Effects of Hydrogen Treatment on GaN Surface

研 究 生：徐瑩珈

Student: Ying-Chia Hsu

指 導 教 授：李威儀 博士

Advisor: Dr. Wei-I Lee

國立交通大學

電子物理研究所

碩士論文

A Thesis

Submitted to department of Electrophysics

College of Science

National Chiao Tung University

In partial Fulfillment of the Requirement

For the Degree of Master of Physics

In

Electrophysics

July 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年七月

氫氣處理對氮化鎵表面影響之研究

研究生：徐瑩珈

指導教授：李威儀 博士

國立交通大學電子物理研究所



摘要

本論文研究了在不同的蝕刻環境中經氫氣蝕刻後的氮化鎵表面及氫氣蝕刻機制。氫氣為一種對氮化鎵具蝕刻能力之氣體，因而氮化鎵在不同的環境中會因氫氣蝕刻而出現不同的表面，這些表面對後續氮化鎵磊晶成長可視為圖樣氮化鎵(pattern GaN)，具有釋放應力及降低線差排的效果。氫氣自氮化鎵表面最脆弱處開始蝕刻，氫原子促使氮化鎵中的氮原子脫離而留下鎵原子，由反應活化能的大小可判斷脫離的氮原子最終形成氮氣脫離。

The Effects of Hydrogen Treatment on GaN Surface

Student : Ying-Chia Hsu

Advisor : Dr. Wei-I Lee

Department of Electrophysics
National Chiao Tung University

The logo of National Chiao Tung University is a circular emblem with a gear-like outer border. Inside the circle, there is a stylized representation of a ship or a bridge structure, with the letters 'NCTU' and '1959' integrated into the design.

Abstract

The effects of hydrogen treatment on GaN surface and the etching mechanism are studied in this work. Hydrogen is a kind of gases with the ability to etch GaN, so different GaN surfaces appear under different etching conditions in hydrogen. These surfaces can be used as pattern GaN with the advantages of defect reducing and strain releasing in epitaxy process afterwards. The weaker points on GaN surface are etched by hydrogen first; the hydrogen atoms make the nitrogen atoms in GaN dissociated and Ga atoms left. Judging from the activation energy, the nitrogen atoms generated after GaN dissociation form into nitrogen and desorb from GaN surface.

誌謝

雖然是老生常談，但兩年的時間，當真是轉眼即逝。

兩年的碩士生涯當中，首先要感謝的就是指導教授李威儀老師。所有的實驗室成員對老師的名言肯定都不陌生，“你問我問題，我不會給你答案；我問你問題，你一定要給我答案。”剛開始真的是被擔心如泰山般壓著，但隨著時間過去，發現老師每次提出的問題常常都是表面看似微不足道其實卻值得仔細鑽研之處，這時就會想，啊，老師果然是老師啊。實驗室的學長們，振豪學長、奎銘學長、彥顯學長和尹豪學長，只要我們開口求助，從來都沒有不曾獲得回應的狀況，謝謝你們兩年來對我們的無私指導；仲山學長、仲葳學長、定儒學長、凱翔學長還有偉誠學長，一年的時間實在太短，我真的很懷念實驗室有你們在而妙趣橫生的那些日子。實驗室的學弟妹們，祐任、諮宜、郁婷、川耘和子諒，接下來的一年就是你們發揮的一年了，盡全力奔跑吧！

兩年來一起努力的奎佑、文章、洪文，謝謝你們！很開心這兩年來有你們相伴，我們一起面對許多大大小小的事情，當然也有很多開心或難過的時刻，這一路的互相扶持，一切的一切對我來說都是點滴在心頭。現在我們一起畢業了，希望我們的連絡能不斷維持下去，記得曾經有次開玩笑說不知道十年後還記不記得大家，放心，十年後我當然還會記得你們的。

最後是我的家人們，爸爸、媽媽、妹妹，謝謝你們無條件地支持我，讓我能更有勇氣和力量面對我遇見的大小事情；更多更多的親友們，謝謝你們對我不時的關心與鼓勵，讓我這兩年的生活增加了更多努力向前的動力。

謝謝大家！

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 緒論	1
1-1 氮化鎵材料的簡介及發展	1
1-2 研究動機及目的	3
第二章 實驗原理及儀器介紹	5
2-1 氮化物氣相磊晶機台	5
2-2 氮化物氣相磊晶原理	6
2-3 實驗流程	8
第三章 量測儀器簡介	9
3-1 掃描式電子顯微鏡	9
3-2 穿透式電子顯微鏡	10
3-3 原子力顯微鏡	11
3-4 蝕刻缺陷密度	13
第四章 實驗結果與討論	14

4-1 不同蝕刻條件對氮化鎵表面之影響	14
4-1-1 時間調變	14
4-1-2 氫氣流量調變	17
4-1-3 溫度調變	19
4-1-4 壓力調變	22
4-1-5 蝕刻機制探討及其後續應用	25
4-2 氫氣蝕刻反應之相關參數	30
4-2-1 阿瑞尼斯方程式	30
4-2-2 反應速率限制步驟	31
第五章 結論	33
參考文獻	34



表目錄

表 1-1-1 氮化鎵與藍寶石材料性質之比較	2
表 1-1-2 氮化鎵結晶層與藍寶石基板間關係	2
表 4-2-2-1 不同溫度下氫氣對氮化鎵的蝕刻率	28



圖目錄

圖 1-2-1 本實驗室所生長之 1.2 吋氮化鎵基板	3
圖 2-1 簡易水平式反應爐示意圖	5
圖 2-2-1 氮化物氣相磊晶機台架構圖	6
圖 2-3-1 實驗樣品製備及實驗流程	8
圖 3-1-1 高能電子束撞擊樣品試片所產生之訊號範圍及空間解析度	10
圖 3-3-1 AFM 探針與樣品間距離關係圖	12
圖 3-3-2 AFM 探針動作示意圖	12
圖 3-4-1 V 型缺陷示意圖	13
圖 4-1-1 未經氫氣蝕刻之氮化鎵表面 SEM 影像	14
圖 4-1-1-1 經氫氣以不同蝕刻時間蝕刻後的氮化鎵表面 SEM 影像	14
圖 4-1-1-2 氮化鎵晶格結構示意圖	15
圖 4-1-2-1 經不同氫氣流量蝕刻後的氮化鎵表面 SEM 影像	17
圖 4-1-3-1 經氫氣在不同溫度下蝕刻過後的氮化鎵表面 SEM 影像	19
圖 4-1-3-2 低溫下蝕刻之氮化鎵表面	21
圖 4-1-4-1 經氫氣在不同壓力下蝕刻過後的氮化鎵表面 SEM 影像	23
圖 4-1-4-2 經氫氣在 100 torr 下蝕刻 30 分鐘後的氮化鎵 SEM 影像	24
圖 4-1-4-3 經氫氣在 100 torr 下蝕刻 30 分鐘後的氮化鎵表面	24
圖 4-1-5-1 氮化鎵原子結構示意圖	25
圖 4-1-5-2 高壓環境氫氣蝕刻示意圖	26
圖 4-1-5-3 氫氣蝕刻之氮化鎵經 EPD 後的表面 SEM 影像	27
圖 4-1-5-4 未經氫氣蝕刻之氮化鎵經 EPD 後的表面 AFM 影像	27

圖 4-1-5-5 氫氣在 100 torr 蝕刻後轉為 700 torr 蝕刻的氮化鎵側
視圖 28

圖 4-1-5-6 氮化鎵磊晶成長於交界面留下的氫氣蝕刻小洞 SEM 影
像 29

圖 4-1-5-7 氮化鎵磊晶成長後自我分離之小塊 29

圖 4-2-2-1 氫氣對氮化鎵蝕刻率—溫度之關係 31

