

AlGaIn/GaN 高電子遷移率電晶體(HEMTs)直流電性測試

學生：陳建中

指導教授：張翼 教授

國立交通大學半導體材料與製程設備組碩士在職專班

摘 要

氮化鎵高電子遷移率電晶體在高溫、高頻及高功率工作環境下的優秀表現使其得以應用於軍用雷達系統、個人行動電話與基地台等用途上，又元件於直流偏壓狀況下的性能衰退將直接影響其在高頻與高功率工作環境下的表現，為此，建立其直流測試之可靠度日趨重要，本研究將分別對未具「Field-Plate」（樣本-1）及具有「Field-Plate」（樣本-2 與樣本-3）的氮化鎵功率元件於室溫下進行連續直流測試，先執行樣本-1 及樣本-2 之 12 小時直流測試後，發現閘極具有「Field-Plate」的元件仍能保有優於未具「Field-Plate」元件控制通道電流之能力，但是也因為 AlGaIn 層受到過蝕刻影響所產生的損傷，導致其通道電流在 12 小時內就衰減約 8%，最後我們測試樣本-3，它具備了優於樣本-2 的閘極「Field-Plate」結構，使其在長達 100 小時的連續直流偏壓測試後，仍能保有測試前所具備的元件基本性能，故確認樣本-3 擁有最佳化之「Field-Plate」結構與元件可靠度。

The DC Test of AlGaIn/GaN High Electron Mobility Transistors

student : Chien-Chung Chen

Advisors : Dr.Edward Yi Zhang

Department of Semiconductor Material and Process Equipment
National Chiao Tung University

ABSTRACT

The GaN high electron mobility transistors (HEMTs) have outstanding performance in high temperature, high frequency and high power working conditions, which enables the GaN HEMTs to apply in military radar system, individual mobile phone and base station. However, the devices' degradation under DC stress will influence its performance under high frequency and high power working conditions. For this reason, establishes reliability of its DC test to be day by day important. In this research, a continuously DC life test will stress on GaN HEMTs at room temperature, which one has "Field-Plate" (sample-2 and sample-3), the other doesn't (sample-1). First, after the 12 hours DC test with sample-1 and sample-2. We discovered that the devices with "Field-Plate" still have better ability to control channel current than those without "Field-Plate". But because also the AlGaIn layer has suffered with damage which results in "over etching", causes the channel current decreased approximately 8% after 12 hours. Finally, we test sample-3. The sample-3 has the better "Field-Plate" structure than sample-2. It suffered the same DC stress conditions as long as 100 hours, and still keep the essential abilities which just like without stress. Therefore, we confirmed that the sample-3 has the best "Field-Plate" structure and reliability.

誌 謝

這篇論文的完成是我人生新的里程碑，首要感謝的是我的指導老師——張翼教授，指點我在碩士班求學路上的研究方向。

我要感謝材料系黃瑞乾學長長期提供測試樣本，並適時導正我的研究方法，嚴謹的求學態度令我獲益良多，謝謝中科院電子所元件組提供測試設備及操作訓練，也要感謝中科院電子所相列雷達組與綜企組主管們給我這個進修的機會。

最後，感謝一路陪伴我度過難關的父母，僅將本論文獻給他們。



目 錄

中文提要	.....	i
英文提要	.....	ii
誌謝	.....	iii
目錄	.....	iv
表目錄	.....	vi
圖目錄	.....	vii
一、	導論	1
1.1	簡介	1
1.2	論文組織	1
二、	原理	1
2.1	AlGaIn/GaN 異質結構	2
2.2	材料特性比較	3
2.3	AlGaIn/GaN 高電子遷移率電晶體	4
2.3.1	基板材料	5
2.3.2	成核層與緩衝層缺陷	6
2.3.3	AlGaIn layer	8
2.3.4	金屬-半導體界面	8
2.3.5	負載線原理	14
2.3.6	field plate	18
2.3.6.1	“熱”電子	19
2.3.6.2	抑制閘極漏電流	19
2.3.6.3	重建通道的電場強度分布狀況	21
三、	樣本解說	24
3.1	樣本結構	24
3.2	過蝕刻	29
四、	實驗	31
4.1	實驗目的	31
4.2	實驗設備	31
4.3	實驗步驟	33
4.4	樣本-1 與樣本-2 實驗結果	33
4.4.1	Id-Vd 特性比較	33
4.4.1.1	損傷 (damage) 機制	35
4.4.1.2	擴散 (diffusion) 機制	36
4.4.2	Id-Vg 特性比較	37
4.4.3	Gm 特性比較	41
4.4.4	閘極蕭基接觸特性比較	43

4.5	樣本-3 實驗結果.....	44
4.5.1	I_d (pinch off)對時間比較圖.....	45
4.5.2	I_d (channel on)對時間比較圖.....	47
4.5.3	I_d - V_g 圖前後比較.....	48
4.5.4	I_d - V_d 圖前後比較.....	50
4.5.5	閘極蕭基接觸特性比較.....	53
五、	結論.....	55
5.1	結論.....	55
參考文獻	.....	57
自傳	.....	59



表 目 錄

表 2-1	.....	3
表 2-2	.....	6



圖 目 錄

圖 2-1	.....	2
圖 2-2	.....	4
圖 2-3	.....	7
圖 2-4	.....	9
圖 2-5	.....	10
圖 2-6	.....	11
圖 2-7	.....	12
圖 2-8	.....	13
圖 2-9	.....	14
圖 2-10	.....	15
圖 2-11	.....	16
圖 2-12	.....	17
圖 2-13	.....	18
圖 2-14	.....	19
圖 2-15	.....	20
圖 2-16	.....	21
圖 2-17	.....	22
圖 3-1(a)	.....	25
圖 3-1(b)	.....	26
圖 3-1(c)	.....	27
圖 3-2	.....	28
圖 3-3	.....	30
圖 4-1	.....	31
圖 4-2	.....	32
圖 4-3	.....	32
圖 4-4	.....	34
圖 4-5	.....	34
圖 4-6	.....	35
圖 4-7	.....	36
圖 4-8	.....	37
圖 4-9	.....	37
圖 4-10	.....	38
圖 4-11	.....	39
圖 4-12	.....	40
圖 4-13	.....	41
圖 4-14	.....	41



圖 4-15	.....	43
圖 4-16	.....	43
圖 4-17	.....	45
圖 4-18	.....	46
圖 4-19	.....	47
圖 4-20	.....	48
圖 4-21	.....	48
圖 4-22	.....	50
圖 4-23	.....	51
圖 4-24	.....	53
圖 4-25	.....	53

