

不同旋轉角度之砷化鎵晶圓接合

學生：彭顯智

指導教授：吳耀銓 博士

國立交通大學材料科學與工程研究所碩士班

摘 要

本論文研製之目前，在不同溫度之下針對 N 型砷化鎵半導體晶圓接合之研究當中，以同相(in-phase)以及反相(anti-phase)晶圓接合的研究有較為深入的探討，其介面氧化物對電性之影響已經確定並且已有顯著之趨勢，然而，介在同相與反相之間的固定整數旋轉角度以及共位晶界角晶圓接合影響電性變化的研究則是未曾提及。於此實驗中，影響電性的主因除了接合面缺陷型態之外還有與接合角度相關的介面非晶系層的品質，這些影響因素與影響同相和反相接合電性的因素有所不同。此外，於不同退火溫度之下，介面型態亦隨之改變，對電性變化的控制主因亦隨退火溫度改變而有所不同。

本研究將 3 吋 N 型砷化鎵晶圓依不同整數旋轉角以及固定共位晶界角分別作切割，而後再分別予以執行不同退火溫度晶圓接合之動作，針對不同角度與不同溫度的相互組合關係做分析

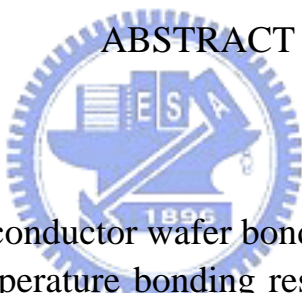
Bonded GaAs Wafers with Various Surface Misorientations

Student : Hsien-Chih Peng

Advisors : Dr. Yew Chung Sermon Wu

Department of Material Science and Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT

The logo of National Chiao Tung University is a circular emblem. It features a gear-like outer border. Inside, there is a stylized representation of a building or structure with the letters 'ES' and 'A' integrated into it. Below this, the year '1895' is inscribed. The entire logo is rendered in a light blue color.

Recently, n-GaAs semiconductor wafer bonding was focused on in-phase and anti-phase at different temperature bonding research. In those experiments, the electrical property was affected by the amorphous oxide layer formed at bonding interface. The relation between the oxide layer and electrical property has been confirmed. However, the large angle twisted bonding have not been studied yet. It has different affective factors on electrical property between in-phase and anti-phase, such as the bonding interface defects and the quality of non-oxide amorphous layer at interface. Moreover, the morphology of bonding interface is according to the different annealing temperature, the main affective factors are not the same at different annealing temperature.

The 3 inch n-GaAs wafer will be cut in same dimension with different angle and bonded at different annealing temperature. The relation between bonding angle and annealing temperature in each case will be discussed.

誌 謝

一本論文的完成為兩年碩士生涯劃上句點，但真正的收穫是製作這本論文的過程。當中首先要感謝指導教授吳耀銓老師耐心的指導，開明的訓練風格讓我能夠毫無保留的揮灑自己的創意，雖然當中犯了不少過錯，但老師總能適時提醒並修正方向，這些經驗對我在未來的路上將是一大助益。其次感謝材料所張立老師以及母校東南技術學院的李志偉老師在百忙中抽空來指導我的論文，修正我的錯誤，使其更加完備。

實驗室是這兩年最常待的地方，首先感謝柏均、沛彥學長在我剛進實驗室就對我的生活以及實驗相當關心，並經常針對課程與實驗的問題進行討論，讓我在材料的專業領域上有非常豐富的收穫。另外也要感謝趙志偉、胡國仁、許晉源、彭韋智、侯智元、黃穩峻、胡晟民、廖崢等等學長在我最需要幫助的時候也都毫不猶豫的給予最大的支援。與好同學們珏華、廷政、姿玲的互動讓我在生活上充滿了許多樂趣與回憶。而實驗室學弟一凡、君偉、昀諭所組成的歡樂陣線讓我不時笑口常開、忘卻煩惱。

當然也要感謝蔚君在最後這段時間給予的包容和鼓勵讓我得以順利完成研究。最後，我要感謝我最重要的家人，我的父母、哥哥、嫂嫂，我的信仰關天師，對我永遠的支持，讓我在生活上毫無後顧之憂，得以全心全意的致力於研究。

在人生路上一些不經意的遭遇都有可能影響一個人的一生，感謝那些曾出現在我記憶中的人，因為我很滿意現在的我。

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
符號說明	.....	xi
一、	緒論.....	1
1.1	前言.....	1
1.2	研究動機.....	2
二、	晶圓鍵合技術簡介.....	6
2.1	晶圓鍵合.....	6
2.2	鍵合技術.....	6
2.3	技術基本要求.....	7
2.4	鍵合參數.....	7
2.5	晶圓鍵合優點.....	9
三、	實驗方法.....	10
3.1	實驗架構.....	10
3.1.1	室溫接合.....	10
3.1.2	高溫鍵合.....	11
3.2	數據量測與分析.....	14
3.2.1	電性量測.....	14
3.2.2	介面分析方法.....	14
四、	結果與討論.....	17
4.1	氧化層殘留量之比較.....	17
4.1.1	電性.....	18
4.1.2	介面形態.....	19
4.1.3	討論.....	22
4.1.4	穿隧效應.....	23
4.2	大角度及共位晶界角鍵合.....	26
4.2.1	大角度鍵合電性.....	28
4.2.2	共位晶界角鍵合電性.....	30
4.2.3	電性綜合討論.....	32
4.2.3.1	固定溫度 (600°C) 之討論.....	33
4.2.3.2	固定溫度 (700°C) 之討論.....	44

4.3	固定角度之討論.....	51
五、	結論.....	53
六、	未來工作.....	54
參考文獻	.....	55



表目錄

表 1.1	滿足簡單立方晶系中不同晶軸之共位晶界角·····	4
表 3.1	接合參數表·····	13



圖目錄

圖 1.1	(a) 閃鋅礦結構 (b) (110)剖示圖.....	2
圖 1.2	同相與反相結構.....	3
圖 3.1	切割後的實驗試片.....	11
圖 3.2	實驗夾具示意.....	11
圖 3.3	鉬與不銹鋼之熱膨脹係數差異.....	12
圖 3.4	長型爐示意.....	12
圖 3.5	試片清洗流程圖.....	16
圖 4.1	(a) 同相鍵合之電性比較.....	18
圖 4.1	(b) 反相鍵合之電性比較.....	19
圖 4.2	(a) 500°C 反相鍵合之介面形態.....	19
圖 4.2	(b) 600°C 反相鍵合之介面形態.....	20
圖 4.2	(c) 700°C 反相鍵合之介面形態.....	20
圖 4.3	未清除氧化層之 500°C 正相鍵合介面.....	21
圖 4.4	介面析出區域能量散佈光譜儀.....	21

圖 4.5	兩種不同狀況氧化物聚集情形之示意·····	22
圖 4.6	電子傳輸穿隧現象示意·····	23
圖 4.7	單晶砷化鎵與氧化層之間的能帶關係圖·····	25
圖 4.8	500°C 反相局部放大介面 ·····	25
圖 4.9	單片、實驗試片以及穿隧理論值的電流-電壓圖 ·····	26
圖 4.10	立方晶系共位晶格圖示·····	27
圖 4.11	(a) 500°C 整數角之電性比較 ·····	28
圖 4.11	(b) 600°C 整數角之電性比較 ·····	29
圖 4.11	(c) 700°C 整數角之電性比較 ·····	29
圖 4.12	(a) 500°C 共位晶界角之電性比較 ·····	30
圖 4.12	(b) 600°C 共位晶界角之電性比較 ·····	31
圖 4.12	(c) 700°C 共位晶界角之電性比較 ·····	31
圖 4.13	在各角度與溫度下阻值之比較·····	32
圖 4.13	(a) 600°C 旋轉 61.93° 較大範圍之介面型態 ·····	34
圖 4.13	(b) 600°C 旋轉 61.93° 局部放大之介面型態 ·····	34

圖 4.14	600°C 反相較大範圍之介面型態	34
圖 4.15	(a) 介面析出區域能量散佈光譜儀分析	35
圖 4.15	(b) 單晶塊材區域能量散佈光譜儀分析	35
圖 4.16	600°C 條件下 60° 與 61.93° 之間電性比較	36
圖 4.17	(a) 600°C 旋轉 60° 較大範圍之介面型態	36
圖 4.17	(b) 600°C 旋轉 60° 局部放大之介面型態	37
圖 4.18	能帶收縮效應示意圖	38
圖 4.19	N-N-N 型接合能帶關係圖	40
圖 4.20	60° 旋轉 (a) 與 30° 旋轉 (b) 之截面示意	41
圖 4.21	介面型態示意	42
圖 4.22	(a) 500°C 旋轉 80° 較大範圍之介面型態	43
圖 4.22	(b) 500°C 旋轉 80° 局部範圍之介面型態	44
圖 4.23	(a) 700°C 旋轉 67.38° 較大範圍之析出物介面型態	44
圖 4.23	(b) 700°C 旋轉 67.38° 較大範圍之單晶鍵合區域介面型態	44
圖 4.23	(c) 700°C 旋轉 67.38° 單晶鍵合區域局部放大之介面型態	45

圖 4.23	(d) 700°C 旋轉 67.38° 局部析出區域之介面型態.....	45
圖 4.24	(a) 700°C 旋轉 60° 大範圍區域之介面型態	45
圖 4.24	(b) 700°C 旋轉 60° 局部析出區域之介面型態	46
圖 4.25	67.38° 旋轉 (a) 與 22.62° 旋轉 (b) 之截面示意.....	47
圖 4.26	(a) 暗場俯視影像觀測到的差排 (b) 該位置的繞射圖案.....	48
圖 4.27	旋轉晶格示意圖.....	49
圖 4.28	(a) 閃鋅礦結構的布魯勞林區 與 (b) 砷化鎵能帶結構	50
圖 4.29	(a) 500°C 旋轉 60° 大範圍與 (b) 局部區域放大.....	51
圖 4.29	(b) 500°C 旋轉 60° 局部區域放大	52



符 號 說 明

- Σ : 共位晶格密度指標
 Ψ : 波函數 (wave function)
 ϕ : 波函數 (wave function)
 J : 電流密度 (current density)
 k : 波向量 (wave vector)
 N_c : 態密度 (density of state)
 N_d : 參雜濃度 (doping concentration)
 Γ : 表面能 (surface energy)
 ΔG : 吉氏自由能 (Gibbs free energy)
 η : 結構指標 (structure factor)

