การออกแบบและผลิตไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์หัวต่อต่างชนิด GaAs/GaAlAs ที่มีลักษณะสมบัติสมมาตร

นายเนเมียว ทัน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549

DESIGN AND FABRICATION OF GaAs/GaAlAs HETEROJUNCTION BIPOLAR TRANSISTORS WITH SYMMETRICAL CHARACTERISTIC

Mr. Nay Myo Tun

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2006

Thesis Title	DESIGN AND FABRICATION OF GaAs/GaAlAs HETEROJUNCTION BIPOLAR TRANSISTORS WITH SYMMETRICAL CHARACTERISTIC
By	Mr. Nay Myo Tun
Field of Study	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Choompol Antarasena, Dr. Ing

---

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

.... Dean of the Faculty of Engineering

(Professor Direk Lavansiri, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

.... Chairman

(Professor Somsak Panyakeow, D. Eng)

.... Thesis Advisor

(Associate Professor Choompol Antarasena, Dr. Ing.)

.... Member

(Associate Professor Montri Sawadsaringkarn, Dr. Ing.)

.... Member

(Assistant Professor Arporn Teeramongkonrasmee, Ph.D.)

.... Member

(Chanin Wissawinthanon, Ph.D.)

เนเมียว ทัน : การออกแบบและผลิตไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์หัวต่อต่างชนิด GaAs/GaAlAs ที่มีลักษณะสมบัติสมมาตร. (DESIGN AND FABRICATION OF GaAs/GaAlAs HETEROJUNCTION BIPOLAR TRANSISTORS WITH SYMMETRICAL CHARACTERISTIC)
อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ชุมพล อันตรเสน, 105 หน้า.

ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์หัวต่อต่างชนิดสองหัวต่อของ GaAlAs (N)/GaAs (p^+)/GaAlAs (N)ได้รับการออกแบบและผลิต โดยเทคโนโลยีเอพิแทกซีในสถานะของเหลวเย็นตัวยิ่งยวด ทรานซิสเตอร์มีโครงสร้างของชั้นเบสรอบนอกต่างๆ กัน ประกอบด้วย ชั้นเบสเดี่ยวปลูกใหม่ GaAs (p^+) ชั้นเบสเดี่ยวปลูกใหม่ $Ga_{0.8}Al_{0.2}As$ (P^+) ชั้นเบสคู่ปลูกใหม่ GaAs (p^+)/$Ga_{0.8}Al_{0.2}As$ (P^+) และชั้นเบสแพร่ซึมด้วยสังกะสี ทรานซิสเตอร์ชนิดชั้นเบสเดี่ยวและแพร่ซึมแสดงลักษณะสมบัติกระแสแรงดันไม่สมมาตร โดยมีอัตราขยายกระแสโหมดปกติ 10-40 และโหมดกลับทาง 5-18 แรงดันออฟเซ็ทอยู่ในระหว่าง 100 ถึง 600 mV สอดคล้องกับค่าความต่างที่มาก ระหว่างแรงดันหัวต่อคอลเล็กเตอร์-เบส และอิมิตเตอร์-เบส การที่มีลักษณะสมบัติไม่สมมาตรพร้อมกับแรงดันออฟเซ็ทค่าสูง เนื่องจากในโหมดกลับทาง อิเล็กตรอนจำนวนมากที่ถูกฉีดจากคอลเล็กเตอร์ในบริเวณชั้นเบสเดี่ยวรอบนอก GaAs (p^+) จะสูญเสียไปในการรวมตัว หรือ เนื่องจากศูนย์รวมตัวที่มีอยู่มากในชั้นเบสเดี่ยวรอบนอก $Ga_{0.8}Al_{0.2}As$ (P^+) แล้วแต่กรณี นอกจากนั้นทรานซิสเตอร์บางตัวแสดงลักษณะสมบัติแบบ Knee-shape ในโหมดกลับทาง เนื่องจากผลของ spike ที่หัวต่ออิมิตเตอร์-เบส ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ที่มีชั้นเบสคู่รอบนอกแสดงลักษณะสมบัติกระแสแรงดันสมมาตร ด้วยอัตราขยายกระแสเท่ากับ 18 และแรงดันออฟเซ็ท 60 mV เป็นเพราะว่าในโหมดกลับทาง ชั้นเบสรอบนอกล่าง $Ga_{0.8}Al_{0.2}As$ (P^+) สามารถลดการไหลของกระแสอิเล็กตรอนจากคอลเล็กเตอร์ และยิ่งกว่านั้น อัตราการรวมตัวของอิเล็กตรอนก็ลดลงในชั้นเบสรอบนอกบน GaAs (p^+) นอกจากนี้สัดส่วนอะลูมิเนียม ซึ่งมีผลทั้งประสิทธิภาพในการฉีดพาหะ และความสูงของ Spike ที่หัวต่อทั้งสองก็ได้รับการกำหนดให้เหมาะสม สุดท้ายแรงดันออฟเซ็ทมีค่าต่ำมากก็ได้รับการยืนยันว่าสอดคล้องกับค่าความต่างระหว่างแรงดันหัวต่อของทรานซิสเตอร์ที่น้อย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2549 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

##4870591921: MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORD: GaAlAs / GaAs / HBT / DHBT / LPE / SINGLE REGROWN BASE / DOUBLE REGROWN BASE / DIFFUSED BASE / NORMAL MODE GAIN / INVERTED MODE GAIN / OFFSET VOLTAGE

NAY MYO TUN: DESIGN AND FABRICATION OF GaAs / GaAlAs HETEROJUNCTION BIPOLAR TRANSISTORS WITH SYMMETRICAL CHARACTERISTIC

THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. CHOOMPOL ANTARESENA, Dr. -Ing, 105 pp.

GaAlAs (N) / GaAs (p^+) / GaAlAs (N) Double Heterojunction Bipolar Transistors (DHBTs) with single regrown base (p^+-GaAs or P^+-$Ga_{0.8}Al_{0.2}As$), double regrown base (p^+-GaAs /P^+-$Ga_{0.8}Al_{0.2}As$) and diffused base have been designed and fabricated by Liquid Phase Epitaxy (LPE) super cooling technique. Most of DHBTs with the single regrown base and diffused base showed the asymmetrical (I,V) characteristics with normal mode gain of 10-40 and inverted mode gain of 5-18. The offset voltage was in between 100mV to 600mV which conformed to the large difference between the CB and EB junction voltages. The asymmetric characteristics with high offset voltage are owing to either high electron injections from the collector to the external base region under inverted mode and then loss by recombination in GaAs (p^+) regrown base or high intrinsic recombination centers in the $Ga_{0.8}Al_{0.2}As$ (P^+) external base layer. Moreover some DHBTs with single regrown base exhibited a knee-shape characteristic in inverted mode due to influence of spike at emitter-base heterojunction. In contrary, double regrown base DHBTs showed the symmetrical characteristics with the gain around 18 and the very low offset voltage of 60mV. This is because, in inverted mode, the lower P^+-$Ga_{0.8}Al_{0.2}As$ regrown base layer in the double regrown base DHBTs can suppress the electron injections from the collector in the external base region and also the upper p^+-GaAs regrown base layer can reduce the electron recombinations. In addition, the aluminum contents which relate to not only the injection efficiency but also the spike height at each heterojunction of these DHBTs were optimized. Finally very low offset voltage for double regrown base DHBTs was proved by small difference between junction voltages.

Department	Electrical Engineering	Student's Signature	[signature]
Field of Study	Electrical Engineering	Advisor's Signature	C. Antarasena
Academic year	2006	Co-advisor's Signature	

ACKNOWLEDGEMENTS

The present research has been performed by the influencing advisory of Associate Professor Dr.Choompol Antarasena at the Semiconductor Device Research Laboratory (SDRL), Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

I would like to wish for the expression of my greatest gratitude's to my advisor, Associate Professor Dr.Choompol Antarasena for his providing the opportunity to make the present research in the laboratory with fruitful valuable guidance, warmly encouragement, and sympathy during my studying times.

I also wish to tell for my deeply appreciation to my thesis committee members: Professor Dr. Somsak Panyakeow, Associate Professor Dr. Montri Sawadsringkarn, Assistant Professor Dr. Arporn Teeramongkonrasmee, Dr. Chanin Wissawinthanon, and Associate Professor Dr.Choompol antarasena for their valuable comments and very useful discussing.

Furthermore, I would like to say " special thank" to Mr. Supachock Thainoi for the learning of LPE procedures and the supporting of experimental techniques for double heterojunction bipolar transistors in the present thesis. And then, I also thank to Ms.Yuparwadee Deesirapipat for her kindly discussions for DHBTs of the Zinc (Zn) diffusion process with LPE.

Moreover, I want to express my greatest appreciation to all of staffs in SDRL for supplying of my study within academic years and also to my father and mother including my family for their kindly enculturation to me.

In addition, I wish to say "thanks a lot" again to "Japan International Cooperation agency Office for the Southeast Asia Engineering Education Development Network of ASEAN University Network (AUN/SEED .Net)" for the financial supporting to my study.

CONTENTS

CHAPTER Page

LIST OF FIGURES

Figures Page

Figures Page

Figures Page

Figures Page

Figures Page

Figures Page

LIST OF TABLES

Tables Page