บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากในบทที่ 1 ทำให้ทราบถึงขีดจำกัดของทรานซิสเตอร์หัวต่อต่างชนิดเดี่ยว (SHBT) ที่ใช้ในวงจรรวม จึงทำการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของ Double Heterojunction Bipolar Transistor ในบทที่ 2 พบว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่ออัตราขยายกระแส คือ สัดส่วนอลูมิเนียมในชั้นอิมิตเตอร์และความลาดของหัวต่ออิมิตเตอร์-เบส ซึ่งมีอิทธิพลต่อ "Spike" ที่หัวต่ออิมิตเตอร์-เบส ส่วนสัดส่วนอลูมิเนียมในชั้นคอลเล็กเตอร์และความลาดของหัวต่อคอลเล็กเตอร์-เบส ซึ่งมีอิทธิพลต่อ "Spike" ที่หัวต่อคอลเล็กเตอร์-เบส นอกจากนี้ปริมาณสารเจือปนในชั้นต่างๆ รวมทั้งแรงดันอิมิตเตอร์-เบส และแรงดันคอลเล็กเตอร์-เบส ก็ส่งผลกระทบต่อ "Spike" เช่นเดียวกัน แต่ในที่นี้เราสนใจถึงสัดส่วนอลูมิเนียม และความลาดของหัวต่อ ดังนั้นจึงได้อาศัยโปรแกรม MATLAB คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับทรานซิสเตอร์โครงสร้างระนาบที่ได้ออกแบบไว้ หลังจากนั้นได้ศึกษาถึงเทคโนโลยีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างทรานซิสเตอร์นี้ ทั้งเทคโนโลยี Liquid Phase Epitaxy (LPE) และเทคโนโลยีการแพร่ซึมสังกะสี ซึ่งอาศัยการแพร่โดยการปลูกชั้นสารที่มีสังกะสีเป็นสารเจือ โดยรายละเอียดได้นำเสนอในบทที่ 3 หลังจากที่เรียนรู้กระบวนการต่างๆและได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม จึงได้สร้างทรานซิสเตอร์และทำการวัดผล ดังแสดงในบทที่ 4 พบว่า ค่าอัตราขยายกระแสในโมดปกติและในโมดกลับทางจะขึ้นกับอิทธิพลของ "Spike" ทั้งที่หัวต่ออิมิตเตอร์-เบส และหัวต่อคอลเล็กเตอร์-เบส ซึ่งถ้ายอดของ "Spike" ที่หัวต่ออิมิตเตอร์-เบสสูงขึ้น อันเป็นผลมาจากการเพิ่มสัดส่วนอลูมิเนียมในชั้นอิมิตเตอร์ และความลาดของหัวต่ออิมิตเตอร์-เบสลดลง จะทำให้อัตราขยายกระแสในโมดกลับทางลดลง นอกจากนี้ยังเป็นการลดการฉีดพาหะจากอิมิตเตอร์ในโมดปกติด้วย ดังนั้นจะมีผลต่ออัตราขยายกระแสของโมดปกติในทางที่เลวลงเช่นกัน ส่วนถ้ายอดของ "Spike" ที่หัวต่อคอลเล็กเตอร์-เบสสูงขึ้น อันเป็นผลมาจากการเพิ่มสัดส่วนอลูมิเนียมในชั้นคอลเล็กเตอร์ และการลดความลาดของหัวต่อคอลเล็กเตอร์-เบส ก็จะเป็นไปในลักษณะคล้ายคลึงกันคือ จะทำให้อัตราขยายกระแสในโมดปกติลดลง และลดการฉีดพาหะจากคอลเล็กเตอร์ในโมดกลับทาง ซึ่งทำให้อัตราขยายกระแสของโมดกลับทางลดลงด้วย จากนั้นได้เปรียบเทียบผลที่ได้จากทรานซิสเตอร์โครงสร้างระนาบ และโครงสร้างเมซา ซึ่งพบว่า โครงสร้างเมซามีสมรรถนะที่ดีกว่าโครงสร้างระนาบ เนื่องจากไม่มีกระแสรั่วด้านข้างเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่อย่างไรก็ตามโครงสร้างระนาบเป็นโครงสร้างที่เหมาะสมกับวงจรรวมมากกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ทำให้ทราบผลกระทบจากปริมาณอลูมิเนียมในชั้นอิมิตเตอร์ (Al_E) และในชั้นคอลเล็กเตอร์ (Al_C) ความลาดของหัวต่ออิมิตเตอร์-เบส (L_{gE}) และหัวต่อคอลเล็กเตอร์-เบส (L_{gC}) ของไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์แบบ Double Heterojunction โครงสร้างระนาบ กล่าวคือเมื่อทำการเพิ่มสัดส่วนของอลูมิเนียมในชั้นอิมิตเตอร์ จะยังผลให้ค่าอัตราขยายกระแสในโมดปกติสูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกัน อัตราขยายกระแสในโมดกลับทางมีค่าต่ำลง และเมื่อเพิ่มสัดส่วนของอลูมิเนียมในชั้นคอลเล็กเตอร์ จะยังผลให้ค่าอัตราขยายกระแสในโมดปกติต่ำลง แต่ในขณะเดียวกันอัตราขยายกระแสในโมดกลับทางมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ถ้าความลาดของหัวต่ออิมิตเตอร์-เบส และหัวต่อคอลเล็กเตอร์-เบสลดลง จะส่งผลถึงอัตราขยายกระแสทั้งในโมดปกติและโมดกลับทางในทิศทางที่เลวลง ดังนั้นการกำหนดค่า Al_E และ Al_C แต่เพียงอย่างเดียวโดยไม่คำนึงถึงค่า L_{gE} และ L_{gC} คงไม่ได้ การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อที่จะควบคุม L_{gE} และ L_{gC} ให้มีความลาดในระดับที่ต้องการจึงมีความจำเป็น ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีการปลูกผลึกจากวิธีการ "Super Cooling" มาเป็น "Equilibrium Cooling" แต่สิ่งที่ต้องระมัดระวังก็คือ คุณภาพของผลึกจะด้อยลง นอกจากนี้ควรมีการศึกษาในเรื่องของการแพร่ซึมสังกะสีให้ลึกซึ้งมากขึ้นด้วย สำหรับตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลต่อลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์ เช่น ความเข้มข้นของสารเจือปนในชั้นอิมิตเตอร์ เบส และคอลเล็กเตอร์นั้น ถ้าสามารถกำหนดค่าที่เหมาะสมได้ก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์มีความสมมาตรมากขึ้น