



บทที่ 8

สรุปผลการทดลองและข้อ เสนอแนะ

8.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษากระบวนการผลิตตัวเก็บประจุมอสและทรานซิสเตอร์แบบมอสนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาวิธีการและเทคนิคที่ใช้ในการผลิตตัวเก็บประจุมอสและทรานซิสเตอร์แบบมอสให้มีคุณภาพดี โดยอาศัยเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่มีในห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ อันจะเป็นพื้นฐานในการผลิตวงจรรวม (Integrated circuit) ขึ้นในห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำต่อไป จากผลการทดลองสามารถสรุปถึงกระบวนการผลิตเพื่อให้ตัวเก็บประจุมอสและทรานซิสเตอร์แบบมอสที่ผลิตขึ้นมีคุณภาพดีได้เป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

1. การดำเนินการผลิตตัวเก็บประจุมอสและทรานซิสเตอร์แบบมอสต้องทำอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้ายเท่าที่จะทำได้ และมีความระมัดระวังในการทำอย่างมาก เพราะจะทำให้สิ่งสกปรกในบรรยากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่ง Na^+ เข้าสู่สิ่งประดิษฐ์มอสระหว่างกระบวนการผลิตน้อย จากผลการทดลองการดำเนินการผลิตอย่างต่อเนื่องทำให้คุณภาพของสิ่งประดิษฐ์มอสดีขึ้นอย่างมาก

2. การสร้างชั้นออกไซด์เพื่อทำเกตออกไซด์ต้องทำที่อุณหภูมิสูง ในการทดลองนี้ใช้ อุณหภูมิ 1000°C ในการปลูกชั้นออกไซด์โดยการทำออกซิเดชันด้วยความร้อนแบบแห้ง การลดอุณหภูมิของแวนผลึกหลังจากปลูกชั้นออกไซด์แล้วต้องทำอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความหนาของแวนผลึกที่ใช้ด้วย เพราะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแวนผลึกอย่างรวดเร็วอาจทำให้แวนผลึกแอ่นตัวได้ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะทำให้ชั้นออกไซด์ที่สร้างขึ้นมี Interface state ต่ำ เวลาที่ใช้ในการดึงแวนผลึกออกจากเตาออกซิเดชันที่ดีที่สุดในการทดลองนี้คือ 30 วินาที

3. การสร้างชั้นแพรซิมเดรนและซอร์สด้วยฟอสฟอรัสให้เป็นชั้น n^+ จะใช้การแพรซิมฝากเพียงอย่างเดียว เพื่อให้ความเข้มข้นของสารเจือปนที่ผิวมีค่าสูง ในการทดลองนี้ชั้นแพรซิมเดรนและซอร์สมีความเข้มข้นของสารเจือปนที่ผิว $4.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ และมีความลึกของหัวต่อ

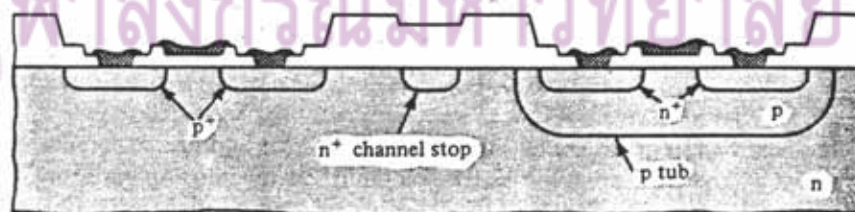
1.0 μm

4. ทรานซิสเตอร์แบบมอสที่มีเกตลีนจะทำให้มีค่า Transconductance และกระแสเดรน I_{DSS} สูงกว่าทรานซิสเตอร์แบบมอสที่มีเกตยาวกว่า

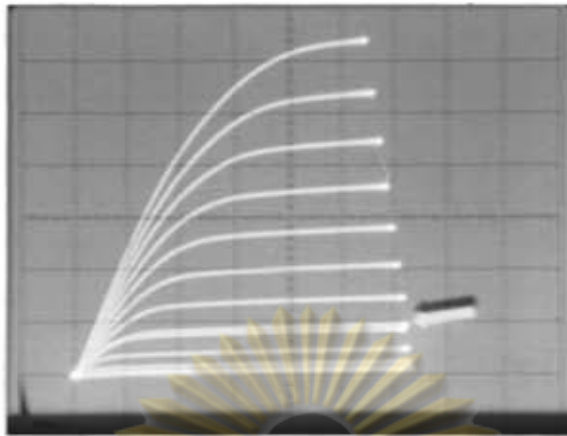
8.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการทดลองพบว่าความหนาแน่นของ Interface state ของตัวเก็บประจุมอสมีค่าอยู่ในช่วง $10^{11} - 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ ซึ่งถือว่ายังมีค่าค่อนข้างสูง เพื่อที่จะลดปริมาณ Interface state ให้น้อยลงนี้อาจต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิต เช่น ควรเพิ่มระบบการปล่อยก๊าซ HCl-O_2 เข้าสู่เตาขณะทำออกซิเดชัน เพื่อทำความสะอาดท่อควอทซ์จาก Na^+ และลดปริมาณ Interface state บริเวณรอยต่อระหว่างซิลิกอนและซิลิกอนไดออกไซด์ลง (24) แทนการล้างท่อควอทซ์ด้วยสารละลาย HCl ซึ่งไม่สะดวกในการถอดท่อควอทซ์เข้าออกจากเตา และในการทำออกซิเดชันควรลดความดันย่อยของก๊าซออกซิเจน ภายในเตาลง (29) เป็นต้น ผลที่ได้ควรทำให้ปริมาณ Interface state ลดลง

2. จากผลการทดลองพบว่าลักษณะสมบัติความจุไฟฟ้า-แรงดันของตัวเก็บประจุมอส ซึ่งวัดที่ความถี่สูงแสดงพฤติกรรมของลักษณะสมบัติในย่านความถี่ต่ำ (P-Substrate) เนื่องจากมีการไหลของพาหะข้างน้อยภายใต้ Field oxide เข้าสู่ผิวสารกึ่งตัวนำภายใต้เกตออกไซด์ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ทรานซิสเตอร์แบบมอสมีกระแสรั่วที่ผิวสูง ดังนั้นในการผลิตตัวเก็บประจุมอสและทรานซิสเตอร์แบบมอสในวงจรรวม ควรสร้าง Channel stop (ซึ่งเป็นชั้นแพร่ซึม P^+ สำหรับสิ่งประดิษฐ์มอสที่มีวัสดุฐานรองเป็นชนิด P และเป็นชั้นแพร่ซึม n^+ สำหรับสิ่งประดิษฐ์มอสที่มีวัสดุฐานรองเป็นชนิด n) ล้อมรอบสิ่งประดิษฐ์มอสแต่ละตัวไว้ เพื่อป้องกันพาหะข้างน้อยจากภายนอกวิ่งเข้าสู่ตัวอุปกรณ์ ลักษณะของ Channel stop แสดงดังในรูปที่ 8.1 (49)



รูปที่ 8.1 ลักษณะของสิ่งประดิษฐ์มอสที่มี Channel stop



$$V_{GS} = 0.5 \text{ v/step} \quad V_{DS} = 1.0 \text{ v/div} \quad I_{DS} = 1.0 \text{ mA/div}$$

รูปที่ 7.5 ลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์แบบมอส

$$W = 700 \text{ } \mu\text{m} \quad L = 50 \text{ } \mu\text{m}$$

$$g_m = 5.6 \times 10^{-4} \text{ mho} \quad \text{ที่ } V_{DS} = 5 \text{ V} \quad I_{DS} = 500 \text{ } \mu\text{A}$$

$$I_{DSS} = 840 \text{ } \mu\text{m} \quad \text{ที่ } V_{DS} = 5 \text{ V} \quad V_{GS} = 0 \text{ V}$$

$$V_{TH} = -1.95 \text{ V}$$



$$V_{GS} = 0.5 \text{ v/step} \quad V_{DS} = 1.0 \text{ v/div} \quad I_{DS} = 0.5 \text{ mA/div}$$

รูปที่ 7.6 ลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์แบบมอส

$$W = 700 \text{ } \mu\text{m} \quad L = 75 \text{ } \mu\text{m}$$

$$g_m = 4.8 \times 10^{-4} \text{ mho} \quad \text{ที่ } V_{DS} = 5 \text{ V} \quad I_{DS} = 500 \text{ } \mu\text{A}$$

$$I_{DSS} = 500 \text{ } \mu\text{m} \quad \text{ที่ } V_{DS} = 5 \text{ V} \quad V_{GS} = 0 \text{ V}$$

$$V_{TH} = -1.83 \text{ V}$$