บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลองการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของซิลิกอนเจอเมเนียมสำหรับทรานซิสเตอร์แบบจุด

5.1.1 การตรวจสอบชิ้นงานด้วยจุลทรรศน์แบบแสง

ชิ้นงานซิลิกอนเจอเมเนียมที่ผ่านการอบแอนนีลที่ 800, 900 และ 1300°C เมื่อทำการศึกษาโครงสร้างจุลภาคโดยใช้จุลทรรศน์แบบแสง เพื่อสังเกตลักษณะผิวของชิ้นงาน พบว่าไม่ปรากฏลักษณะพื้นผิวแบบที่เรียกว่า รอยกากบาท (cross hatch) ขึ้น นั่นคือไม่ปรากฏข้อบกพร่องขึ้นภายในชิ้นงาน ปริมาณของเจอเมเนียมซึ่งมีความเข้มข้นเพียง 10 % ไม่เพียงพอทำให้เกิดข้อบกพร่องภายในชิ้นงาน

5.1.2 การตรวจสอบชิ้นงานด้วยจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

ชิ้นงานซิลิกอนเจอเมเนียมที่ผ่านการอบแอนนีลที่ 800, 900 และ 1300°C เมื่อทำการศึกษาโครงสร้างจุลภาคโดยใช้จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านพบว่าไม่ปรากฏจุดบกพร่องขึ้นภายในชิ้นงาน ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของเจอเมเนียมที่มีความเข้มข้น 10% ซึ่งใช้ในการทดลอง มีความเข้มข้นน้อยเกินกว่าที่จะเกิดข้อบกพร่องภายในชิ้นงานได้ อีกทั้งในการเตรียมตัวอย่างอาจยังไม่เหมาะสม จึงทำให้โครงสร้างจุดควอนตัมออกมาไม่ชัดเจน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 สรุปผลการทดลองการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคชั้นรอยต่อโลหะ W/Zr/nGaN

5.2.1 การตรวจสอบรอยต่อโลหะทังสเตนและเซอร์โคเนียมบนแกเลียมไนไตรด์โดยเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน

ผล XRD แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดปฏิกิริยาระหว่างแกเลียมไนไตรด์และโลหะที่ชั้นรอยต่อได้เป็นสารประกอบขึ้น ซึ่งเกิดเป็นสารประกอบดังต่อไปนี้คือ WN_2, Ga_2Zr_3 และ Ga_5W_2 สำหรับชิ้นงานที่ผ่านการอบแอนนีลที่ 550°C ในชิ้นงานที่ผ่านการอบแอนนีลที่ 650°C เกิดสารประกอบ Ga_3Zr_5, ZrN และ Ga_2Zr_3 และเกิด W_3N_4, Ga_3Zr_5 และ Ga_2Zr_3 ในชิ้นงานที่ผ่านการอบแอนนีลที่ 850°C

5.2.2 การตรวจสอบรอยต่อโลหะทังสเตนและเซอร์โคเนียมบนแกเลียมไนไตรด์โดยจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านร่วมกับเอนเนอร์ยีดิสเพอร์สีฟเอกซเรย์สเปกโทรสโคป

ผลที่จาก TEM และ EDS สอดคล้องกับผลของ XRD ซึ่งพบสารประกอบเซอร์โคเนียมไนไตรด์เกิดขึ้น แต่ในขณะเดียวกันพบว่าเกิดสารประกอบแกเลียมเซอร์โคเนียมและแกเลียมทังสเตนอีกด้วย ทำให้ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า การใช้เซอร์โคเนียมในชั้นรอยต่อเพื่อเป็นตัวเพิ่มพาหะในการนำไฟฟ้ามีประสิทธิภาพดีอย่างที่คาดการณ์ไว้ เนื่องจากไนโตรเจนจากชั้นแกเลียมไนไตรด์ได้ถูกดึงออกไป แต่ในขณะเดียวกันแกเลียมถูกดึงไปใช้ทำปฏิกิริยากับทั้งทังสเตนและเซอร์โคเนียมด้วยเช่นกัน ซึ่งจะต้องนำผลไปประกอบกับข้อมูลทางไฟฟ้าต่อไป

5.3 สรุปผลการทดลองการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคชั้นรอยต่อโลหะ W/V/nGaN

5.3.1 การตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของชั้นรอยต่อโลหะทังสเตนและเวเนเดียมบนแกเลียมไนไตรด์โดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติทางไฟฟ้า

ผลจากเครื่องทดสอบสมบัติทางไฟฟ้าแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิขณะอบแอนนีลมีผลต่อการนำไฟฟ้าที่ดี โดยพบว่าสำหรับชั้นรอยต่อ W/V การอบแอนนีลที่อุณหภูมิ 550°C ให้ค่าความต้านทานจำเพาะต่ำกว่าในชิ้นงานที่ผ่านการอบแอนนีลที่ 650°C ดังนั้นการอบแอนนีลที่อุณหภูมิ 550°C จึงเหมาะสมกว่า

5.3.2 การตรวจสอบเฟสของรอยต่อโลหะทังสเตนและเซอร์โคเนียมบนแกเลียมไนไตรด์โดยวิธี Raman Spectrometry Analysis

ผลจาก Raman Spectroscopy Analysis พบเฟสของ GaN ทั้งในชิ้นงานที่ผ่านการอบแอนนีลที่ อุณหภูมิ 550°C และ 650°C แต่ตรวจไม่พบเฟสของชั้นรอยต่อโลหะแต่อย่างใด

5.3.3 การตรวจสอบรอยต่อโลหะทังสเตนและเซอร์โคเนียมบนแกเลียมไนไตรด์โดย เทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน

ผล XRD แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดปฏิกิริยาระหว่างแกเลียมไนไตรด์และโลหะที่ชั้นรอยต่อได้เป็นสารประกอบขึ้น ซึ่งเกิดเป็นสารประกอบดังต่อไปนี้คือ Ga_5W_2, $V_{16}N_{1.5}$, Ga_5V_6 $VN_{0.81}$, Ga_7V_6, V_2Ga_5, $Ga_{41}V_8$, $V_{0.2}N$, VN และเกิด Ga_5V_6 และ $VN_{0.81}$ ในชิ้นงานที่ผ่านการอบแอนนีลที่ 650°C ในขณะที่สารประกอบตัวอื่นๆหายไป

5.3.4 ผลการตรวจสอบรอยต่อโลหะทังสเตนและเซอร์โคเนียมบนแกเลียมไนไตรด์โดย จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านร่วมกับเอนเนอร์ยีดิสเพอร์สีฟเอกซเรย์สเปกโทรสโคป

ผลจากรูปแบบการเลี้ยวเบนแสดงให้เห็นว่า ผลที่จาก TEM และ EDS สอดคล้องกับผลของ XRD ซึ่งพบสารประกอบเวเนเดียมไนไตรด์เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเกิดสารประกอบของเวเนเดียมแกเลียมเกิดขึ้นร่วมด้วย ซึ่งเมื่อลองเปรียบเทียบกับความสามารถในการนำไฟฟ้าแล้วในระหว่างที่มีการอบแอนนีลที่อุณหภูมิแตกต่างกัน และมีปริมาณสารประกอบที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน จึงเป็นไปได้ที่ปริมาณของ N ที่ถูกดึงนำมาใช้มากกกว่าปริมาณของ Ga ที่ถูกใช้ไปทำปฏิกิริยากับ V และ W จึงทำให้การนำไฟฟ้ายังเกิดขึ้นได้ดี

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรดำเนินการวิจัย โดยศึกษาผลของความหนาในชั้นรอยต่อโลหะ ต่อความสามารถในการนำไฟฟ้า