บทที่ 5

บทสรุป

1. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้เน้นศึกษาจุลโครงสร้างของซิลิกอนบนฉนวนเป็นหลัก และได้ศึกษาจุลโครงสร้างของผลึกเดี่ยวซิลิกอนเพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาด้วยเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของวัสดุซิลิกอนบนฉนวนชนิดไซมอกซ์ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของไซมอกซ์ เพื่อประกอบกับลักษณะทางจุลโครงสร้างด้วย ผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1.1 ภาพถ่ายจากเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง เช่น การตัด การขัด และการกัดด้วยสารเคมี ดังนั้นในการเตรียมตัวอย่างจะต้องไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุที่จะทำให้โครงสร้างของวัสดุเปลี่ยนไป

1.2 เทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด ที่เตรียมตัวอย่างด้วยการตัดด้วยหัวตัดเพชรและเครื่องตัดอับตราโซนิก การขัดด้วยกระดาษทราย และการกัดด้วยสารเคมี ไม่สามารถให้ภาพถ่ายที่คมชัดและรายละเอียดของภาพจุลโครงสร้างในระดับนาโนเมตรได้

1.3 จุลโครงสร้างของซิลิกอนบนฉนวนสามารถแสดงได้ด้วยเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน โครงสร้างของไซมอกซ์ ประกอบด้วย 3 ชั้น คือ ชั้นซิลิกอน ชั้นออกไซด์ที่ฝังไอออน และชั้นฐานซิลิกอน ภายในชั้นออกไซด์ที่ฝังไอออนของทุกตัวอย่างจะมีกลุ่มก้อนซิลิกอนอยู่ ความหนาของชั้นซิลิกอนและชั้นออกไซด์ที่ฝังไอออน รวมทั้งความหนาแน่นของกลุ่มก้อนซิลิกอน ขึ้นอยู่กับปริมาณการฝังไอออนออกซิเจน และเงื่อนไขการอบให้ความร้อน คือเมื่อปริมาณการฝังออกซิเจนเพิ่มขึ้นความหนาของชั้นซิลิกอนลดลงแต่ความหนาของชั้นออกไซด์ที่ฝังไอออนเพิ่มขึ้น ตัวอย่างที่อบให้ความร้อนโดยไม่มีชั้นป้องกันผิวจะเกิดการออกซิเดชั่นกับออกซิเจนที่อยู่รอบ ๆ ทำให้ชั้นซิลิกอนมีความหนาลดลง ดังนั้นที่ปริมาณการฝังออกซิเจนเดียวกันตัวอย่างที่อบให้ความร้อนโดยไม่มีชั้นป้องกันผิวจะมีความหนาของชั้นซิลิกอนน้อยกว่าของตัวอย่างที่มีชั้นป้องกันผิว ความหนาแน่นของกลุ่มก้อนซิลิกอนเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณการฝังออกซิเจนเพิ่มขึ้น และที่ปริมาณการฝังออกซิเจนเดียวกันตัวอย่างที่อบให้ความร้อนโดยไม่มีชั้นป้องกันผิวจะมีความหนาแน่นของกลุ่มก้อนซิลิกอนต่ำกว่าตัวอย่างที่มีป้องกันผิว เนื่องจากออกซิเจนที่อยู่รายรอบในขณะอบให้ความร้อน สามารถแพร่เข้าไปในชั้นออกไซด์ที่ฝังไอออนแล้วเกิดการออกซิไดซ์กับกลุ่มก้อนซิลิกอน การมีชั้นป้องกันผิวใน

ขณะอบให้ความร้อนช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียไปของชั้นซิลิกอนและทำให้พื้นผิวด้านบนเรียบกว่าของตัวอย่างที่ไม่มีชั้นป้องกันผิว

1.4 การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของไซมอกซ์ โดยการสร้างเป็นตัวเก็บประจุมอสแล้ววัดค่าความจุไฟฟ้า-แรงดัน สามารถบอกถึงคุณภาพของวัสดุ ไซมอกซ์ที่มีคุณภาพดีคือไซมอกซ์ที่ฝังออกซิเจนที่ปริมาณ 3×10^{17} ไอออนต่อตารางเซนติเมตร ทั้งตัวอย่างที่ไม่มีและมีชั้นป้องกันผิว ให้ค่าความหนาแน่นประจุที่รอยต่อผิว 4.18×10^{11} และ 1.50×10^{11} ต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับสัมพันธ์กับภาพถ่ายจุลโครงสร้าง คือไซมอกซ์ที่ฝังออกซิเจนที่ปริมาณ 3×10^{17} ไอออนต่อตารางเซนติเมตร มีความหนาแน่นของกลุ่มก้อนซิลิกอนในชั้นออกไซด์ที่ฝังไอออนต่ำสุด ทั้งตัวอย่างที่ไม่มีและมีชั้นป้องกันผิว

1.5 การมีชั้นป้องกันผิวช่วยให้รอยต่อระหว่างผิวของชั้นออกไซด์ที่ฝังไอออนและชั้นฐานซิลิกอนมีลักษณะที่ดีขึ้น

2. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่กล่าวถึงนี้ เกิดจากปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ข้อเสนอแนะเหล่านี้อาจมีประโยชน์สำหรับผู้สนใจศึกษาจุลโครงสร้างของวัสดุโดยอาศัยเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

2.1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทั้งชนิดส่องผ่านและชนิดส่องกราดควรเตรียมด้วยความระมัดระวังมากในเรื่องของความสะอาดเนื่องจากสิ่งเจือปนเพียงเล็กน้อยก็จะปรากฏขึ้นเมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูง และควรระมัดระวังในการหยิบจับสารตัวอย่าง ควรจับตัวอย่างที่ตำแหน่งและแรงที่เหมาะสม การไม่ใช้แรงมากเกินไปเพราะอาจจะทำให้เกิดความเสียหายแก่โครงสร้างของวัสดุ โดยเฉพาะเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน-ซึ่งต้องเตรียมตัวอย่างให้บางมากๆ การเลือกใช้ที่จับตัวอย่างก็มีความสำคัญ ตัวอย่างที่มีขนาดเล็กมากๆ ควรใช้ทวิสเซอร์ขนาดเล็กและเบา

2.2 ก่อนการเตรียมตัวอย่างเพื่อการศึกษาด้วยเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่านควรจะศึกษาให้ดีก่อนว่าส่วนไหนของตัวอย่างเป็นบริเวณที่ต้องการศึกษาเนื่องจากบริเวณที่บางมากๆ ที่จะให้ลำอิเล็กตรอนผ่านนั้น ไม่ควรจะกินบริเวณกว้างเกินไปเพราะจะทำให้ตัวอย่างแตกร้าวได้ง่าย

2.3 การเตรียมตัวอย่างด้วยการตัดแล้วขัดด้วยกระดาษทราย และการกัดด้วยสารเคมี เป็นการเตรียมตัวอย่างที่ไม่เหมาะสมต่อการถ่ายภาพด้วยเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด ทำให้

ได้เกิดร่องรอยความเสียหายแก่ตัวอย่างไม่สามารถเห็นภาพถ่ายในระดับนาโนเมตร หากเตรียมตัวอย่างด้วยการยึดตัวอย่างด้วยเรซินแล้วขัดด้วยผงขัดเพชร น่าจะสามารถถ่ายภาพในระดับนาโนเมตรได้

3. งานวิจัยต่อเนื่อง

มีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาจุลโครงสร้างของวัสดุในระดับการถ่ายภาพกำลังแยกแยะสูง สามารถวิเคราะห์ถึงการจัดเรียงตัวของอะตอม และความบกพร่องของผลึก หากได้ทำงานต่อเนื่องตรงนี้จะช่วยให้การศึกษาคุณภาพของวัสดุนั้นสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าก็นับเป็นสิ่งสำคัญ แต่จะมีปัญหาเรื่องการเกิดกระแสรั่วในขณะวัดจึงทำให้ได้ค่าความจุไฟฟ้า-แรงดันที่ผิดเพี้ยนไป ดังนั้นน่าจะมีการปรับปรุงระบบวัด เช่นการสร้างตัวจับยึดตัวอย่างกับเครื่องวัดให้ดียิ่งขึ้น