

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการเตรียมเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบต (sodium potassium niobate; $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$) หรือ NKN และโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบต/นิกเกิลออกไซด์ (sodium potassium niobate/nano-nickel oxide; $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3/\text{NiO}$) ด้วยวิธีการเตรียมด้วยวิธีมิกซ์ออกไซด์แบบดั้งเดิม (conventional mixed oxide method) ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. สามารถเตรียมผง $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$ ด้วยวิธีมิกซ์ออกไซด์แบบดั้งเดิมที่มีความบริสุทธิ์สูงได้ที่เงื่อนไขของอุณหภูมิในการแคลไซน์ที่ 900°C ด้วยอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่ $300^\circ\text{C}/\text{ชั่วโมง}$ และอัตราการลงของอุณหภูมิที่ $300^\circ\text{C}/\text{ชั่วโมง}$ ด้วยระยะเวลาการเผาแช่นาน 5 ชั่วโมง ซึ่งจากการตรวจสอบเฟสองค์ประกอบด้วยเทคนิค XRD จะพบว่าพบที่มีความสอดคล้องกับฐานข้อมูล $\text{Na}_{0.35}\text{K}_{0.65}\text{NbO}_3$ ICSD No. 03-8004 โดยมีโครงสร้างเป็นออร์โทโรมบิก

2. สามารถเตรียมเซรามิก NKN/NiO ให้มีความหนาแน่นสูงสุดได้ที่อุณหภูมิ 1050°C ด้วยอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่ $300^\circ\text{C}/\text{ชั่วโมง}$ และอัตราการลงของอุณหภูมิที่ $300^\circ\text{C}/\text{ชั่วโมง}$ ด้วยระยะเวลาการเผาแช่นาน 2 ชั่วโมง โดยที่ความหนาแน่นของเซรามิกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติม NiO อีกทั้งยังช่วยลดอุณหภูมิในการเผาซินเตอร์ลงถึง 100°C จากอุณหภูมิซินเตอร์ของ NKN บริสุทธิ์ที่ 1150°C อีกด้วย

3. จากการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของเซรามิก NKN พบว่ามีโครงสร้างเป็นเหลี่ยมเป็นมุมที่ชัดเจนและมีขนาดเกรนใกล้เคียงกัน สำหรับในเซรามิก NKN/NiO พบว่า โดยทั่วไปขนาดเกรนโดยเฉลี่ยจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเติม NiO ลงไปเพียง 1 vol% แต่เมื่อเพิ่มปริมาณการเติม NiO มากขึ้น ขนาดของเกรนโดยเฉลี่ยมีค่าลดลงไม่มากนัก แต่จะพบเกรนของ NKN ที่มีขนาดเล็กลงในปริมาณมากขึ้นแทรกอยู่กับเกรนขนาดใหญ่ และรูปร่างของเกรนมีความเป็นเหลี่ยมเป็นมุมลดลงอีกด้วย อีกทั้งยังพบอนุภาค NiO และเฟสที่ยังไม่สามารถระบุชนิดได้แทรกอยู่ตามบริเวณผิวหน้า ภายในเกรนและตามบริเวณขอบเกรนของ NKN โดยที่แนวโน้มขนาดของอนุภาคมีขนาดใหญ่มากขึ้นตามปริมาณที่เติมลงไป

4. เมื่อตรวจสอบสมบัติเชิงกลพบว่าการเติม NiO ส่งผลให้เซรามิกมีความแข็งแรงมากขึ้นซึ่งมีผลมาจากค่าความหนาแน่นที่เพิ่มมากขึ้น ขนาดเกรนเล็กลง และการกระจายตัวของ NiO ทั้งภายในและบริเวณขอบเกรนของ NKN

5. เมื่อตรวจสอบสมบัติไดอิเล็กทริกของเซรามิก NKN/NiO เทียบกับ NKN พบว่าจะทำให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกที่อุณหภูมิห้องมีค่าที่ดีขึ้นที่ปริมาณ 1 vol% NiO ถึงแม้ว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกจะเพิ่มตามปริมาณของ NiO แต่ค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกกลับเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สำหรับที่อุณหภูมิคูรีนั้นพบว่ามีค่าลดลงเล็กน้อยจากประมาณ 420 °C ลงมาที่ 413 °C โดยที่ความถี่ 1 kHz ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกมีค่าลดลงตามปริมาณการเพิ่มของ NiO แต่ในทางกลับกันที่ความถี่ 10 kHz – 1 MHz จะมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับเซรามิก NKN ที่ปริมาณ 1 vol% และ 2 vol% ของ NiO ที่เติมลงไป โดยจะไปลดอิทธิพลของค่าคงที่ที่มีต่อค่าคงที่ไดอิเล็กทริก อีกทั้งค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกมีแนวโน้มลดลงในทุกๆปริมาณการเติมที่เพิ่มขึ้นและทุกๆความถี่ที่สูงขึ้นเช่นกันที่ความถี่ดังกล่าว

6. จากการตรวจสอบสมบัติเพียโซอิเล็กทริกของเซรามิก พบว่าเซรามิก NKN/NiO จะมีค่าสัมประสิทธิ์เพียโซอิเล็กทริก (d_{33}) ที่ลดลงตามปริมาณการเติมของ NiO เมื่อเทียบกับเซรามิกบริสุทธิ์ NKN ที่อุณหภูมิการโพลิงและสนามไฟฟ้าที่เท่ากัน

จากผลการตรวจสอบสมบัติของเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตที่เติมอนุภาคนาโนนิกเกิลออกไซด์ (NKN/NiO) ลงไปในสัดส่วนต่างๆกันนั้น พบว่าโครงสร้างจุลภาคมีอิทธิพลต่อสมบัติต่างๆของเซรามิกเป็นอย่างมาก ซึ่งช่วยพัฒนาความสามารถในการซินเตอร์และสมบัติไดอิเล็กทริกของเซรามิก NKN ให้ดีขึ้น รวมทั้งพัฒนาสมบัติเชิงกลซึ่งมีความจำเป็นสำหรับเซรามิกเพียโซอิเล็กทริกที่นำไปประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ที่ต้องการสมบัติเชิงกลสูงและเป็นตัวเลือกเพื่อทดแทนเซรามิกในกลุ่มตะกั่วที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเพิ่มขึ้นขั้นตอนการสันัลดตราโซนิคของผงอนุภาคนาโน NiO ในระหว่างขั้นตอนการเตรียมผสมผง $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$ /NiO ก่อนทำการบดสารด้วยวิธี ball milling และในขั้นตอนระหว่างการใช้ Ethanol ออกจากผงเซรามิก
2. ควรมีการศึกษาสมบัติเชิงกลของเซรามิกที่สภาวะการใช้งานเมื่ออยู่ภายใต้สนามไฟฟ้าและแรงเชิงกลที่กระทำจากภายนอกประกอบกันไปด้วย
3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงสมบัติทางเพียโซอิเล็กทริกอื่นๆ เพื่อตรวจสอบถึงความเป็นไปได้ในการนำเซรามิก $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$ /NiO มาประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆ ต่อไป
4. ควรตรวจสอบสมบัติเชิงกล โครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกที่เผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิอื่นๆ เพื่อที่จะนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและประกอบการอธิบายผลที่ชัดเจนยิ่งขึ้น
5. ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างตัวเดิมชนิดผงอนุภาคนาโนและผงอนุภาคนาโนไมโคร ที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ โครงสร้างจุลภาค สมบัติเชิงกลและสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิก $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$