บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการเตรียมเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$- $0.052LiSbO_3$) หรือ KNN-LS ด้วยวิธีการเตรียมแบบผสมเกลือหลอมเหลว (Molten Salts) ซึ่งเป็นกระบวนการเตรียมที่ดี ง่าย สะดวก ต้นทุนต่ำ และใช้พลังงานน้อย โดยในขั้นตอนแรกได้นำสารตั้งต้นมาบดผสมในตัวกลางเอทานอลนาน 24 h ตามที่ได้คำนวณไว้ แล้วจึงนำมาบดผสมกับเกลือ จากนั้นจึงนำผงที่ได้มาวิเคราะห์ทางความร้อนเพื่อหาช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาแคลไซน์และการเผาผนึก ให้มีความสมบูรณ์ของเฟสที่สูงที่สุด ต่อด้วยการนำผงที่ผ่านการแคลไซน์ที่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดมาขึ้นรูป และทำการเผาผนึก ท้ายสุดทำการศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกที่เตรียมได้จากกระบวนกระนี้ต่อไป ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. สามารถเตรียมผงโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$ - $0.052LiSbO_3$) ด้วยวิธีการผสมเกลือหลอมเหลวที่มีความบริสุทธิ์ได้ที่เงื่อนไขอุณหภูมิการแคลไซน์ที่ 700 °C ด้วยอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่ 100°C/h และอัตราการลงของอุณหภูมิที่ 300°C/h ด้วยระยะเวลาการเผาแช่นาน 2 h ซึ่งเมื่อเทียบกับกระบวนการเตรียมโดยทั่วไปแล้ว พบว่ากระบวนการนี้ช่วยลดอุณหภูมิในขั้นตอนการแคลไซน์ลงจากเดิมประมาณ 200 °C ซึ่งจากการตรวจสอบเฟสองค์ประกอบด้วยเทคนิค XRD จะพบว่ามีความใกล้เคียงกับเฟสองค์ประกอบของ JCPDS-ICDD NO. 71-2171; $KNbO_3$ และ JCPDS-ICDD NO.01-077-0037; $Na0.9K0.1NbO_3$ โดยมีโครงสร้างเป็นแบบออโทรอมบิก (orthorhombic structure) ทั้งสองเฟส

2. จากการตรวจสอบโครงสร้างของอนุภาคผง $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$ ที่เตรียมด้วยวิธีการผสมเกลือหลอมเหลวพบว่ามีลักษณะโดยทั่วไปของอนุภาคจะมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน ค่อนข้างรีและกลมผสมกันอยู่ อีกทั้งยังเกาะตัวรวมกันเป็นกลุ่มก้อน โดยเมื่อทำการหาขนาดอนุภาคของผงที่ได้จากกระบวนการเตรียมนี้ พบว่ามีขนาดประมาณ 200 nm

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

3. สามารถเตรียมเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$ - $0.052LiSbO_3$) ที่ผ่านการสังเตรียมด้วยวิธีการผสมเกลือหลอมเหลวที่แคลไวน์ที่อุณหภูมิที่ 700 °C ได้ที่อุณหภูมิการเผาผนึกที่ 1200 °C ด้วยอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่ 100°C/h และอัตราการลงของอุณหภูมิที่ 300°C/h ด้วยระยะเวลาการเผาแช่นาน 2 h ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่มีค่าความหนาแน่นของชิ้นงานที่สูงที่สุด โดยให้ค่าความหนาแน่นเป็น 4.2869 g/cm^3

4. จากตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$ - $0.052LiSbO_3$) ที่ผ่านการเผาผนึกที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่สุด คือ 1200 °C เผาแช่นาน 2 h พบว่าขนาดของเกรนมีขนาดใหญ่ โดยเมื่อทำการหาขนาดเกรนเฉลี่ยแล้วพบว่ามีค่าประมาณ 13.28 μm

5. จากการตรวจสอบอุณหภูมิของการเปลี่ยนเฟส และอุณหภูมิคูรีของเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$ - $0.052LiSbO_3$) ที่ผ่านการเผาผนึกที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่สุด คือ 1200 °C เผาแช่นาน 2 h ด้วยการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเทคนิค DTA และตรวจสอบจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพยอมสัมพัทธ์กับอุณหภูมิ พบว่ามีอุณหภูมิของการเปลี่ยนอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 600 - 700 °C และพบว่าที่อุณหภูมิประมาณ 341 °C จะเป็นอุณหภูมิคูรีของโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$ - $0.052LiSbO_3$) ที่เตรียมได้จากกระบวนการนี้

6. จากการตรวจสอบค่าสภาพยอมสัมพัทธ์เทียบกับอุณหภูมิ จะพบว่าเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$ - $0.052LiSbO_3$) ที่ผ่านการเผาผนึกที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่สุด คือ 1200 °C เผาแช่นาน 2 h พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าสภาพยอมไฟฟ้าสัมพัทธ์จะค่อยๆสูงด้วย และจะมีช่วงที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ที่รวดเร็วและสูงที่สุดที่อุณหภูมิประมาณ 341 °C ซึ่งเรียกว่าอุณหภูมิคูรี เป็นช่วงที่เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากโครงสร้างเตตระโกนอลไปเป็นโครงสร้างคิวบิก จากนั้นค่าสภาพยอมไฟฟ้าสัมพัทธ์จะลดลงเมื่อผ่านอุณหภูมิจุดนี้ไป

7. จากการตรวจสอบสมบัติเฟร์โรอิเล็กทริกของเซรามิก $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$ ที่ผ่านการเผาผนึกที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่สุด คือ 1200 °C เผาแช่นาน 2 h ที่อุณหภูมิห้องพบว่าที่สนามไฟฟ้า 40 kV/cm พบว่ามีค่าโพลาไรเซชันคงเหลือ (Remanent Polarization) P_r

ประมาณ 9.68 $\mu C/cm^2$ และค่าสนามไฟฟ้าลบล้าง(coercive electric field) E_c ประมาณ 29.05 kV/cm

ดังนั้นจากงานวิจัยนี้ โซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$ - $0.052LiSbO_3$) ที่เตรียมด้วยกระบวนการเกลือหลอมเหลว นอกจากจะเป็นการเตรียมที่ดี ง่าย และต้นทุนต่ำแล้ว ยังเป็นการช่วยลดปัญหาของผลกระทบอันเนื่องมาจากการใช้พลังงานในการเตรียมสารที่สูง ให้สมารถเตรียมสารประกอบได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า เมื่อเทียบกับการเตรียมด้วยวิธีมิกซ์ออกไซด์แบบดั้งเดิม ในขณะที่ปริมาณสารสารสัมพันธ์ของสารประกอบภายหลังจากการเตรียมด้วยกระบวนการนี้ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง อีกทั้งยังได้สารประกอบที่มีขนาดอนุภาคเล็กอีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาถึงเวลาในการเผาผนึกให้หลากหลาย เพื่อตรวจสอบสมบัติต่างๆของเซรามิก โซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$ - $0.052LiSbO_3$) ต่อไป

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงสมบัติทางเพียโซอิเล็กทริก เพื่อตรวจสอบถึงความเป็นไปได้ในการนำเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$ - $0.052LiSbO_3$) มาใช้งานต่อไป

3. ควรมีการเพิ่มอุณหภูมิของการโพลลิ่งให้สูงขึ้น เพื่อศึกษาถึงผลกระทบต่อสมบัติเฟร์โรอิเล็กทริกของเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$ - $0.052LiSbO_3$) เพิ่มเติมอันเนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น และอุณหภูมิซึ่งใกล้กับอุณหภูมิในการเปลี่ยนเฟสของเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตลิเทียมแอนติโมเนต ($0.948Na_{0.5}K_{0.5}NbO_3$- $0.052LiSbO_3$)

4. ควรมีการศึกษาสารประกอบในระบบนี้เพิ่มขึ้น ทั้งในการเติมสารเจือ หรือวัสดุผสมต่างๆ อีกทั้งในเรื่องของการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

5. ควรมีการศึกษาถึงกระบวนการเตรียมแบบใหม่เพิ่มขึ้น เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกอื่นๆ ต่อไป