

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ทำการเตรียมนาโนคอมโพสิตเซรามิกในระบบ $(1-x)\text{BZT} - x\text{SiCNWs}$ เมื่อ x มีค่าเท่ากับ 0, 0.1, 0.5, 1.0 และ 3.0 ร้อยละโดยน้ำหนัก ด้วยวิธีมิกซ์ออกไซด์ โดยการเตรียมผง BZT และผง SiCNWs ก่อน จากนั้นทำการเตรียมนาโนคอมโพสิต BZT - SiCNWs ตามอัตราส่วนดังกล่าว แล้วจึงนำไปตรวจสอบเฟสองค์ประกอบที่เกิดขึ้น ก่อนที่จะนำไปเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิต่างๆ เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาซินเตอร์ของเซรามิกในระบบนี้ จากนั้นจึงนำเซรามิกที่ได้ไปทำการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี โครงสร้างจุลภาค สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางไฟฟ้า และสมบัติเชิงกล ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ผง BZT สามารถเตรียมได้จากการแคลไซน์ผงสารประกอบที่อุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาในการเผาเผ้านาน 2 ชั่วโมง ด้วยอัตราการขึ้น/ลงของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียสต่อนาที ซึ่งเมื่อตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของผง BZT ที่ได้ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ พบว่า ผง BZT มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบผสมระหว่างเตตระโกนอล ซึ่งสอดคล้องกับแฟ้มข้อมูล JCPDS หมายเลข 36-0019
2. นาโนผงนาโนคอมโพสิต BZT - SiCNWs ในอัตราส่วนต่างๆ ไปตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ พบว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของเซรามิกในทุกๆอัตราส่วนมีความใกล้เคียงกับฟิสิกของ BZTบริสุทธิ์ ซึ่งปรากฏแต่ฟิสิกของโครงสร้างเตตระโกนอลเท่านั้น
3. เมื่อนำเซรามิกคอมโพสิต BZT - SiCNWs ที่เตรียมได้ไปทำการเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 1350 -1450 องศาเซลเซียสเผาแค่ 2 ชั่วโมง ด้วยอัตราการขึ้น/ลงของอุณหภูมิ 5, 10 และ 15 องศาเซลเซียสต่อนาที ตามลำดับ พบว่า อุณหภูมิที่ให้ค่าความหนาแน่นของนาโนคอมโพสิตเซรามิกมีค่ามากกว่าเซรามิก BZT คือ อุณหภูมิ 1350 องศาเซลเซียสเผาแค่ 2 ชั่วโมง ด้วยอัตราการขึ้น/ลงของอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสต่อนาทีและอุณหภูมิที่ให้ค่าความหนาแน่นของเม็ดเซรามิก BZT คือ อุณหภูมิ 1450 องศาเซลเซียส เผาแค่ 2 ชั่วโมง ด้วยอัตราการขึ้น/ลงของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียสต่อนาที

4. องค์ประกอบทางเคมีของนาโนคอมโพสิตเซรามิก BZT - SiCNWs นั้น พบว่า รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของเซรามิกในทุกๆ อัตราส่วน มีความใกล้เคียงกับฟิสิกของ BZT บริสุทธิ์ ซึ่งปรากฏแต่ฟิสิกของโครงสร้างเตตระโกนอลเท่านั้น
5. โครงสร้างทางจุลภาคของนาโนคอมโพสิตเซรามิก BZT - SiCNWs พบว่า รูปร่างและขนาดเกรนของ BZT และ SiCNWs แตกต่างกันอย่างมาก คือ เกรนของ BZT มีลักษณะค่อนข้างกลมและมีขนาดเกรนใหญ่ แต่ SiCNWs มีลักษณะเป็นเส้นและมีขนาดเล็ก และเฟสของ SiCNWs จะกระจายตัวอย่างสม่ำเสมออยู่ ณ บริเวณขอบเกรน ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่อปริมาณ SiCNWs ตั้งแต่ 1.0 ร้อยละโดยน้ำหนักขึ้นไป ในส่วนของรอยแตกของเซรามิกนั้น พบว่า เซรามิกทุกๆ อัตราส่วน มีรอยแตกแบบผ่านเกรน ส่วนเซรามิก BZT ที่ผ่านการเผาซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขที่ 1 จะมีการแตกเป็นแบบผสมระหว่างการแตกแบบระหว่างเกรนและแบบผ่านเกรน
6. การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของนาโนคอมโพสิตเซรามิก BZT - SiCNWs พบว่า ค่าความหนาแน่นและค่าร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียมีความสัมพันธ์กันแบบแปรผกผันกัน ซึ่งเซรามิกที่มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดจะมีค่าร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียมากที่สุด คือ เซรามิกอัตราส่วน 3.0SiCNWs ส่วนเซรามิกที่มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดคือ เซรามิกอัตราส่วน 0.9BZT- 0.1SiCNWs ที่ผ่านการเผาซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขที่ 1
7. จากการตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกและนาโนคอมโพสิตเซรามิก ค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ของนาโนคอมโพสิตเซรามิก BZT - SiCNWs ที่อุณหภูมิคูรี พบว่า เงื่อนไขที่ 1 อัตราส่วนที่มีค่าสภาพยอมสัมพัทธ์มากที่สุด คือ 0.9BZT - 0.1SiCNWs มีค่าเท่ากับ 11326 แต่เมื่อปริมาณ SiCNWs เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ของเซรามิกมีค่าลดลงและมีค่าน้อยที่สุดที่อัตราส่วน 3.0SiCNWs คือ มีค่าเท่ากับ 3255 ในส่วนของค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริก พบว่า เซรามิกที่มีค่าสภาพยอมสัมพัทธ์มากที่สุดจะมีค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกมากด้วยเช่นกัน สำหรับค่าทางแฟร์โรอิเล็กทริกของเซรามิกระบบนี้ที่ผ่านการเผาซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขทั้ง 2 ก็เช่นเดียวกัน คือ เมื่อเติม SiCNWs ไปเพียง 0.1 ร้อยละโดยน้ำหนักทำให้ค่าสภาพการมีขั้วคงค้าง และค่าโพลาริเซชันอิ่มตัวของเซรามิกลดลง คือ มีค่าเท่ากับ 4.14, 10.81 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ และ 7.30, 12.24 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ตามลำดับ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์เพียโซอิเล็กทริกของเซรามิกที่เติม SiCNWs ไปเพียง 0.1 ร้อยละโดยน้ำหนัก พบว่า มีค่ามากกว่าเซรามิกในอัตราส่วนอื่นๆ เช่นกัน คือ มีค่าเท่ากับ 139 และ 165 pC/N ตามลำดับ ดังนั้นสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกอัตราส่วน 0.9BZT - 0.1SiCNWs นั้นดี

ที่สุดในระบบนี้ซึ่งจากผลของสมบัติทางไฟฟ้าที่กล่าวมานี้ทำให้สรุปได้ว่า SiCNWs ช่วยปรับปรุงสมบัติทางไฟฟ้าของ BZT ให้ดีขึ้นได้

8. เมื่อศึกษาสมบัติทางกลของเซรามิกที่อัตราส่วนต่างๆ โดยทำการวัดค่าความแข็งของนาโนคอมโพสิตเซรามิก 0.9BZT - 0.1SiCNWs พบว่า ค่าความแข็งแบบวิกเกอร์สมีค่าเท่ากับ 6.4 และ 5.66 GPa ตามลำดับ ซึ่งเซรามิกที่ผ่านการเผาซินเตอร์ทั้ง 2 เงื่อนไขมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน โดยพบว่า เซรามิก BZT มีค่าความแข็งน้อยกว่าเซรามิกในอัตราส่วนนี้ และจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณ SiCNWs เพิ่มขึ้น โดยมีค่าความแข็งมากที่สุด ในอัตราส่วน 0.9BZT - 0.1SiCNWs โดยค่าความต้านทานรอยแตกมีค่าเท่ากับ 0.032 และ 0.195 MPa.m^{1/2} ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเซรามิก BZT แต่ค่าอัตราการสึกหรอของเซรามิกในอัตราส่วนนี้มีค่าน้อยที่สุด คือ 0.21 และ 0.9 x10⁻³ mm³/m ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นที่ลดลงและค่าน้ำหนักที่สูญเสียที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลของสมบัติทางกลที่กล่าวมานี้ทำให้สรุปได้ว่า SiCNWs ช่วยปรับปรุงสมบัติทางกลของ BZT ให้ดีขึ้นได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาความเป็นไปได้ว่าอาจเกิดการซินเตอร์แบบเฟสของเหลวเมื่อมีการเติม SiCNWs ลงในเซรามิก BZT เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
2. ค่าความหนาแน่นของเซรามิกที่มีค่าลดลงเมื่อมีการเติม SiCNWs ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเผาซินเตอร์ โดยที่ SiCNWs เกิดการสลายตัวออกไป ดังนั้นจึงควรศึกษาปัจจัยที่ทำให้ SiCNWs เกิดการสลายตัวในระหว่างการเผาซินเตอร์
3. การวัดค่าทางเฟอร์โรอิเล็กทริกของนาโนคอมโพสิตเซรามิกในระบบนี้ พบว่า ลักษณะวงวนฮิสเทอรีซิสของเซรามิกในอัตราส่วนต่างๆ ยังไม่มีความอ้อมตัว เนื่องจากตัวชิ้นงานเซรามิกมีความบกพร่อง คือ รอยแตกและรูพรุนที่ทะลุถึงกัน ดังนั้นเมื่อให้มีการสนามไฟฟ้า เซรามิกจึงมีโอกาสจะเกิดการ break ในระหว่างการวัดค่า หรือไม่สามารถทนกระแสไฟฟ้าที่มีค่าความต่างศักย์สูงๆ ได้ ดังนั้นจึงควรปรับปรุงค่าความหนาแน่นและลดอัตราค่าน้ำหนักที่สูญเสียในระหว่างการเผาซินเตอร์ให้ดีขึ้น
4. สำหรับสมบัติเชิงกล การศึกษาค่าความต้านทานรอยแตกและค่าอัตราการสึกหรอของเซรามิกในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า ค่าที่ได้ ส่วนมากนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความพรุนที่เกิด

จึงทำให้ค่าที่ได้มีความเบี่ยงเบน และมีค่ามากหรือน้อยเกินกว่าความเป็นจริง ดังนั้นจึง
ควรลดปริมาณรูปพรุนที่เกิดในระหว่างการเผาซินเตอร์ด้วยเช่นกัน



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved