

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยเรื่องอิทธิพลสารเจือระดับนาโนต่อสมบัติไดอิเล็กทริก และค่าความแข็งแรงระดับจุลภาคเซรามิกเลดเซอร์โคเนตไททาเนตนี้ได้ทำการหาเงื่อนไขในการเตรียมผงผลึก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ ให้มีความบริสุทธิ์ได้ที่อุณหภูมิในการเผาแคลไซน์ที่ 800°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และเมื่อนำผงผลึก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ มาเติมสารเจือที่มีอนุภาคระดับนาโนของ MgO และ ZrO_2 ในปริมาณร้อยละ 0 – 2 โดยปริมาตร มาขึ้นรูป และเผาซินเตอร์ ณ อุณหภูมิ 1200°C แล้วตรวจสอบโครงสร้างเฟส โครงสร้างจุลภาค ความหนาแน่น ร้อยละการหดตัวเชิงเส้น สมบัติไดอิเล็กทริก และค่าความแข็งแรงจุลภาคแบบวิกเกอร์ สรุปผลได้ดังนี้

1. $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ ที่เติมอนุภาคระดับนาโนของ MgO หรือ ZrO_2 ในปริมาณร้อยละ 0 – 2 โดยปริมาตร เผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1200°C ทั้งหมดมีโครงสร้างอยู่ระหว่างระบบเตตระโกนอล และรอมโบอีตรอล สังเกตจากพีคหลักในมุมการเลี้ยวเบน $2\theta = 21-22^\circ, 30-31^\circ, 43-45^\circ$ และ $54-55^\circ$ พีคเหล่านี้มีแนวโน้มในการเข้ามารวมกันเป็นโครงสร้างในระบบรอมโบอีตรอล แต่ยังมีร่องรอยให้เห็นการแยกกันอยู่บ้าง
2. ขนาดของเกรนเฉลี่ยของเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ เมื่อเติมอนุภาคระดับนาโนของ MgO และ ZrO_2 ในปริมาณร้อยละ 0 – 2 โดยปริมาตร พบว่าอนุภาคระดับนาโนของ MgO และ ZrO_2 ที่เติมเข้าไปในเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ ทำให้ขนาดเกรนเฉลี่ยของเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ มีขนาดลดลงอย่างเห็นได้ชัด จาก $2.5\ \mu\text{m}$ เหลือ $1.2\ \mu\text{m}$ และ $1.3\ \mu\text{m}$ เมื่อเติมอนุภาคระดับนาโนของ MgO และ ZrO_2 ตามลำดับ แสดงว่าอนุภาคระดับนาโนของ MgO และ ZrO_2 ไปยับยั้งการเติบโตของเกรนของเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ นั้นเอง
3. ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ เมื่อเติมอนุภาคระดับนาโนของ MgO และ ZrO_2 ในปริมาณร้อยละ 0 – 2 โดยปริมาตร พบว่าอนุภาคระดับนาโนของ MgO และ ZrO_2 ที่เติมเข้าไปในเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ ทำให้ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ มีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงสุดเมื่อเติมอนุภาคระดับนาโนของ MgO และ ZrO_2 ในปริมาณร้อยละ 1 โดยปริมาตรทั้งคู่ ซึ่งความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงสุดของเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3 + 1\ \text{vol}\% \text{MgO}$ มีค่า

- 98.06% และความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงสุดของเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3 + 1 \text{ vol}\%$ ZrO_2 มีค่า 97.83%
4. ร้อยละการหดตัวเชิงเส้นของเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ เมื่อเติมอนุภาคระดับนาโนของ MgO และ ZrO_2 ในปริมาณร้อยละ 0 – 2 โดยปริมาตร พบว่าอนุภาคระดับนาโนของ MgO และ ZrO_2 ที่เติมเข้าไปในเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ ทำให้ร้อยละการหดตัวเชิงเส้นของเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ มีค่าลดลง โดยค่าร้อยละของการหดตัวเชิงเส้นอยู่ในช่วง 13 – 15 % ซึ่งเป็นปกติของการหดตัวเชิงเส้นของเซรามิกทั่วไป
 5. ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก และการสูญเสียความร้อนเนื่องจากไดอิเล็กทริกของเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ เมื่อเติมอนุภาคระดับนาโนของ MgO ในปริมาณร้อยละ 0 – 2 โดยปริมาตร วัดที่ความถี่ต่างๆ ณ อุณหภูมิห้อง พบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกอยู่ในช่วง 605 – 803 และการสูญเสียเนื่องจากความร้อนทางไดอิเล็กทริกอยู่ในช่วง 0.003 – 0.13 ในขณะที่เซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ ที่เติมอนุภาคระดับนาโนของ ZrO_2 ในปริมาณร้อยละ 0 – 2 โดยปริมาตร พบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกอยู่ในช่วง 645 – 803 และการสูญเสียเนื่องจากความร้อนทางไดอิเล็กทริกอยู่ในช่วง 0.003 – 0.14 ซึ่งเมื่อความถี่ของการวัดสูงขึ้นทั้งค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ เมื่อเติมอนุภาคระดับนาโนของ ZrO_2 ในปริมาณร้อยละ 0 – 2 โดยปริมาตร นี้ยังมีค่าลดลง ส่วนค่าการสูญเสียความร้อนทางไดอิเล็กทริกของเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ เมื่อเติมอนุภาคระดับนาโนของ ZrO_2 ในปริมาณร้อยละ 0 – 2 โดยปริมาตรนี้จะมีค่าน้อยที่สุดที่ความถี่ของการวัดเป็น 10 kHz
 6. เซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ เมื่อเติมอนุภาคระดับนาโนของ MgO หรือ ZrO_2 ในปริมาณร้อยละ 0 – 2 โดยปริมาตร เผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1200 °C จะมีค่าความแข็งแรงระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์สูงขึ้นเมื่อเติมปริมาณอนุภาคระดับนาโนของ MgO หรือ ZrO_2 เนื่องจาก MgO และ ZrO_2 มีค่าความแข็งแรงสูง จึงช่วยในการทำให้เซรามิกมีค่าความแข็งแรงสูงขึ้นได้ โดยไม่ว่าจะเติมในปริมาณร้อยละ 0.5, 1 หรือ 2 โดยปริมาตร ก็ทำให้ค่าความแข็งแรงระดับจุลภาคของวิกเกอร์สูงขึ้นมีค่าใกล้เคียงกันคือประมาณ 4.5 GPa นั่นคือทำให้มีค่าความแข็งแรงระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์สูงขึ้นประมาณ 25 %

ภาพรวมของการเติมอนุภาคระดับนาโนของ MgO และ ZrO_2 ในเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ พบว่าเซรามิกมีค่าความหนาแน่นสูง มีโครงสร้างอยู่ในระบบเตตระโกนอล และรวมไบอัครอล มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกลดลงเล็กน้อยที่สูง และค่าการสูญเสียความร้อนทาง

ไดอิเล็กทริกที่ต่ำลง และมีค่าความแข็งแรงจุลภาคแบบวิกเกอร์สูงขึ้น โดยปริมาณที่เติม จะอยู่ในช่วงร้อยละ 0.5 - 1 โดยปริมาตร เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการเตรียมเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ โดยการแปรค่าปริมาณสารเจือที่มีอนุภาคระดับนาโนของ MgO และ ZrO_2 นี้ ทำการเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิเดียวคือ 1200°C ซึ่งผู้วิจัยได้นำเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด คือเป็นอุณหภูมิที่เซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ มีความหนาแน่นมากที่สุดมาใช้ แต่การเติมสารเจือตัวอื่นลงไปนั้น มีผลทำให้จุดหลอมเหลวเปลี่ยน ดังนั้นจะมีผลต่อค่าความหนาแน่นของเซรามิก ซึ่งถ้ามีการแปรค่าอุณหภูมิในการเผาซินเตอร์ ก็อาจได้ค่าอื่นที่เหมาะสมได้อีก