บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้เตรียมวัสดุผง $CCT_{0.35}O$, $CPrCT_{0.35}O$, $CSrCT_{0.35}O$ และ $CCT_{0.35}SnO$ ด้วยวิธีสารละลายโพลิเมอร์ไพโรไรซีส โดยเผาแคลไซด์ที่อุณหภูมิต่างกัน ที่ 850 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 9 ชั่วโมง ศึกษาขนาดของอนุภาคด้วย TEM ศึกษาโครงสร้างด้วย XRD แล้วนำผงอนุภาคนาโนของ CCTO ที่ได้ไปขึ้นรูป (sinter) ที่อุณหภูมิ 1060 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 6 ($CCT_{0.35}O$-A, $CPrCT_{0.35}O$-A, $CSrCT_{0.35}O$-A และ $CCT_{0.35}SnO$-A) และ 10 ($CCT_{0.35}O$-B, $CPrCT_{0.35}O$-B, $CSrCT_{0.35}O$-B และ $CCT_{0.35}SnO$-B) ชั่วโมง แล้วนำวัสดุเซรามิกที่เตรียมได้ที่เตรียมได้ ศึกษา ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ค่าแทนเจนต์การสูญเสียไดอิเล็กตริก และผลของความไม่เป็นเชิงเส้น (non linear) ระหว่างค่าความหนาแน่นกระแส และสนามไฟฟ้า ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองทั้งหมดได้ดังนี้

1. สรุปผลงานวิจัย

1.1. ผลงานวิจัยนี้สามารถเตรียมวัสดุผงที่มีขนาดอนุภาควัสดุผงที่เตรียมได้ มีค่าอยู่ในช่วง 200-400 นาโนเมตร โดยที่ผลของการศึกษาขนาดของวัสดุผงด้วยเทคนิค SEM จะอยู่ในช่วง 0.9-1.47 μm โดยผงวัสดุที่เจือด้วย Sn จะมีขนาดอนุภาคใหญ่ที่สุดและมีการกระจายตัวของผงวัสดุอย่างสม่ำเสมอ ส่วนผลของการศึกษาลักษณะพื้นผิวของวัสดุเซรามิกด้วยเทคนิค SEM-EDS พบว่าวัสดุเซรามิกที่เตรียมได้ทุกตัวอย่างจะประกอบด้วยเกรนที่มีขนาดใหญ่และเกรนที่มีขนาดเล็ก แยกกันอย่างชัดเจน โดยที่เกรนขนาดเล็กจะแทรกอยู่ระหว่างเกรนที่มีขนาดใหญ่ (อยู่ที่ขอบเกรน) วัสดุเซรามิก โดยวัสดุเซรามิกที่เจือด้วย Sr และ Sn นั้นจะมีขนาดเกรนที่มีขนาดใหญ่กว่า วัสดุเซรามิกที่เจือด้วย Pr และเมื่อใช้เวลาในการเผาผนึกนานขึ้น จะทำให้เกรนที่มีขนาดเล็กนั้นลดลง และเกรนทีมีขนาดใหญ่นั้นเพิ่มขึ้น โดยค่าความต้านทานที่ขอบเกรนนั้นลดลง เมื่อทำการศึกษาปริมาณสารเจือในวัสดุเซรามิกที่เตรียมได้พบว่า Sr, Pr และ Sn ที่เจือเข้าไปโดยพบว่า Sr ที่เจือเข้าไปในตำแหน่ง Ca สามารถเข้าไปได้ดีกว่า Pr เนื่องจาก Pr มีขนาดรัศมีที่มากกว่า รัศมีอะตอมของ Ca มาก ส่วนรัศมีอะตอมของ Sr และ Ca นั้นใกล้เคียงกัน จากผลตรงนี้ทำให้ปริมาณสารเจือที่ตำแหน่งเกรนที่มีขนาเล็กนั้นพบปริมาณสารเจือมากกว่าบริเวณที่เป็นเกรนขนาดใหญ่

1.2. ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ε') และค่า tanδ สำหรับวัสดุเซรามิกที่เพิ่มสารเจือปริมาณ 0.35 และใช้เวลาในการเผาผนึกที่แตกต่างกัน จะเห็นเมื่อใช้เวลาในการเผาผนึกนานขึ้นค่าไดอิเล็กตริกเพิ่มทำให้ (ε') สูงขึ้นและค่า tanδ ต่ำลง ส่วนวัสดุเซรามิกที่ถูกเจือพบว่า วัสดุที่เจือด้วย Sn จะมีค่าไดอิเล็กตริกมากที่สุดเท่ากับ 92902.02 แต่ยังมีค่า tanδ สูงอยู่ประมาณ 0.12044 และวัสดุที่เจือด้วย Pr

มีค่า tanδ น้อยที่สุดประมาณ 0.059 ในขณะเดียวกันค่าคงที่ไดอิเล็กตริกมีค่าเท่ากับ 18480.56 ซึ่งค่า tanδ ดังกล่าวนี้ยังไม่เหมาะในการนำไปประยุกต์ในในการทำเป็นวัสดุไมโครอิเล็กทรอนิกส์

1.3. การศึกษาความไม่เป็นเชิงเส้น (non linear) ของความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความต่างศักย์ในวัสดุเซรามิกที่เตรียมได้ พบว่าวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เป็นเชิงเส้น (α) สำหรับวัสดุเซรามิกที่เจือด้วย Sn จะมีค่า α มากที่สุด แสดงว่าวัสดุที่เจือด้วย α จะมีความสามารถในการเปลี่ยนจากความต้านทานไปเป็นตัวนำได้เร็วที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กันกับค่ากับภาพถ่าย SEM ที่ประกอบด้วยเกรนที่มีขนาดเล็ก และเกรนที่มีขนาดใหญ่ ส่วนวัสดุเซรามิกที่เจือด้วย Pr มีค่า (E_b) มากที่ซึ่งสอดคล้องกับค่า tanδ ในวัสดุที่เจือด้วย Pr มีค่าน้อยที่สุดซึ่งบ่งบอกได้ว่าค่าความต้านทานที่ขอบเกรนในวัสดุเซรามิกที่เจือด้วย Pr มีค่ามากที่สุด ผลของเวลาในการเผาผนึกต่อค่า E_b พบว่าเมื่อใช้เวลาในการเผาผนึกนานขึ้นค่า E_b มีค่าลดลง

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 เนื่องจากค่าแทนเจนต์การสูญเสียในวัสดุที่เตรียมได้ มีค่ามากอยู่สำหรับ วัสดุตัวอย่างที่เตรียมได้บางตัวอย่าง ควรมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการเผาผนึกด้วย หรือ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการวัดค่ามากกว่านี้เพื่อเพิ่มข้อมูลที่มีความนาเชื่อถือ

2.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิ และ การเตรียมด้วยสารตั้งต้นที่แตกต่างกัน ต่อค่าคงที่ไดอิเล็กตริก

2.3 ศึกษาการเกิดเฟสของวัสดุผงที่เตรียมได้ด้วยเทคนิค XAS (X-ray absorption spectrometer)