บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตัวอย่างของวาริสเตอร์จากการสังเคราะห์ด้วยกระบวนการทางเซรามิกส์ในงานวิจัยนี้ หลังจากผ่านกระบวนการทดลองต่างๆ เพื่อหาปัจจัย และเงื่อนไขที่ทำให้วาริสเตอร์มีสมบัติทางไฟฟ้าที่ดีที่สุดแล้ว ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อสรุป วิจารณ์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะจากการศึกษาดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในบทที่ 4 แสดงให้เห็นว่าการสังเคราะห์สารตัวอย่าง ZnO-Bi_2O_3-CoO วาริสเตอร์ ให้มีสมบัติเป็นวาริสเตอร์ที่ดี โดยการเติมบิสมัทออกไซด์และโคบอลต์ออกไซด์ในสังกะสีออกไซด์ และผ่านขบวนการเผาซินเตอร์ที่เหมาะสม ทำให้ ZnO-Bi_2O_3-CoO วาริสเตอร์ สามารถแสดงสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี คือ มีสภาพนำไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูง และมีค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เป็นเชิงเส้นสูง โดยสามารถสรุปในประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

5.1.1 ในขบวนการเผาซินเตอร์ โดยใช้วิธีนำผงกลบ ZnO-Bi_2O_3-CoO กับสารตัวอย่างทำให้ลดการระเหยของบิสมัทออกไซด์ได้ ซึ่งเป็นสารเจือหลักที่ทำให้แสดงสมบัติของวาริสเตอร์ที่ดี โดย Bi_2O_3 เป็นฉนวนไฟฟ้าและแทรกอยู่ระหว่างเกรนโดยมีจุดหลอมตัวที่ 820 องศาเซลเซียส ดังนั้นการเผาซินเตอร์ระหว่าง 1,050 – 1,100 – 1,150 องศาเซลเซียส จึงเป็นค่าอุณหภูมิที่ Bi_2O_3 หลอมตัวแล้ว และการจะเกิดเป็นวาริสเตอร์ได้ ระหว่างเกรนทุกบริเวณจะต้องถูกคั่นด้วย Bi_2O_3 หลอมเหลวทุกจุด เพราะถ้าไม่ถูกคั่นทุกจุด และเกรน ZnO มีการสัมผัสต่อกันอยู่บริเวณใด จะเกิดการนำไฟฟ้าแบบกึ่งตัวนำ ทำให้พฤติกรรมไม่เป็นวาริสเตอร์ ดังนั้น Bi_2O_3 หลอมเหลวจะต้องเปียกผิวโดยมี Contract angle = 0 จึงจะแทรกซึม และเปียกทุกจุดของขอบเกรนได้

5.1.2 การเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้วาริสเตอร์มีความหนาแน่นลดลง และเกิดรูพรุนมากขึ้น ซึ่งเกิดจากการสูญเสียบิสมัทออกไซด์จากการระเหยที่อุณหภูมิสูง จึงส่งผลทำให้สมบัติทางไฟฟ้าที่ดีของวาริสเตอร์ลดลง

5.1.3 วาริสเตอร์ที่ผ่านการเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ในเวลา 4 ชั่วโมงจะมีสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี และให้ค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เป็นเชิงเส้นสูง

5.1.4 สังกะสีออกไซด์วาริสเตอร์ที่มีปริมาณสารเจือ CoO ที่เท่ากันเมื่อเพิ่มปริมาณของ Bi_2O_3 มากขึ้นจะทำให้สภาพนำไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าเบรกดาวน์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่สามารถทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เป็นเชิงเส้นมีแนวโน้มสูงขึ้นได้

5.1.5 สังกะสีออกไซด์วาริสเตอร์ที่มีปริมาณสารเจือ Bi_2O_3 ที่เท่ากันเมื่อเพิ่มปริมาณของ CoO มากขึ้น ทำให้เกรนของสังกะสีออกไซด์ลดลง และทำให้ความหนาแน่นสารตัวอย่างเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้สภาพนำไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าเบรกดาวน์และค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เป็นเชิงเส้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน

5.1.6 สังกะสีออกไซด์วาริสเตอร์ที่มีปริมาณสารเจือ Bi_2O_3 : CoO เท่ากับ 1 : 10 (เปอร์เซ็นต์โดยโมล) เผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เป็นเชิงเส้นสูงสุดจากการทดลอง เท่ากับ 17.6

5.1.7 วาริสเตอร์ที่ผ่านขบวนการเผาซินเตอร์ และอุณหภูมิที่เหมาะสม รวมถึงการมีปริมาณสารเจือ Bi_2O_3 และ CoO ที่เหมาะสม ซึ่งส่งผลให้แสดงสมบัติทางไฟฟ้าที่ดีนั้น เมื่อพิจารณาโครงสร้างทางจุลภาคจะต้องมีขนาดของเกรนเฉลี่ยที่เล็กมากและมีจำนวนเกรนมาก เพราะจะส่งผลถึงค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เป็นเชิงเส้นที่สูงขึ้นได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ผู้ทำการวิจัยได้ทดลองเปลี่ยนแปลงตัวแปร คือส่วนผสมของสังกะสีออกไซด์ บิสมัทออกไซด์ และโคบอลต์ออกไซด์ อีกทั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาและขนาดความหนาของ ZnO-Bi_2O_3-CoO วาริสเตอร์เท่านั้น ผู้ทำการทดลองคิดว่า เวลาในการผสมสาร (Ball milling) ความดันที่ใช้อัดเม็ดสารตัวอย่างก่อนการเผาซินเตอร์ และช่วงเวลาระหว่างการเผาซินเตอร์ ก็มีส่วนสำคัญที่ทำให้สภาพนำไฟฟ้าของ ZnO-Bi_2O_3-CoO วาริสเตอร์ มีการเปลี่ยนแปลงได้

2) การทดลองนี้ เป็นการศึกษาลักษณะเฉพาะทางด้านกระแสไฟฟ้า-ความต่างศักย์ไฟฟ้า และด้านความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า-สนามไฟฟ้าเท่านั้น พบว่า ZnO-Bi_2O_3-CoO วาริสเตอร์ ยังมีสมบัติทางไดอิเล็กติกที่น่าสนใจ

3) ในการทำขั้วไฟฟ้าควรใช้กาวเงินที่มีประสิทธิภาพทนทานต่อความร้อนและกระแสไฟฟ้า

4) วารีสเตอร์ เมื่อเบรกดาวน์จะไม่พังยังคงใช้อยู่ได้ตลอด นอกจากความต่างศักย์ไฟฟ้าจะสูงมากจนกระแสไฟฟ้าที่เกินสูง และเกิดความร้อนมากจนวารีสเตอร์เกิดการแตกภายใน (crack) หรือความร้อนเผาจน Bi_2O_3 ระเหยออกหมด สภาพการทำงานของวารีสเตอร์จึงเสียหาย

5) จากการทดลองจะเห็นว่าการเพิ่มปริมาณโคบอลต์ออกไซด์ที่สูงขึ้นทำให้วาริสเตอร์มีสมบัติที่ดีขึ้น ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงสำหรับชิ้นวาริสเตอร์ ควรนำแนวทางไปพัฒนาเป็นฟิล์มวาริสเตอร์