บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

เซรามิกเฟร์โรอิเล็กทริก (ferroelectric ceramics) กลุ่มที่มีโครงสร้างแบบเพอร์รอพสไกต์ (perovskite, ABO_3) มีความสำคัญมากที่สุดต่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตตัวเก็บประจุที่มีค่าคงตัวไดอิเล็กทริก (dielectric constant, ε_r) สูง ทรานสดิวเซอร์ (transducer) โซนาร์ (sonar) ตัวกรองสัญญาณ และเซนเซอร์ (sensor) เป็นต้น เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีสมบัติทางไฟฟ้าที่ดีมาก ซึ่งสารเฟร์โรอิเล็กทริกที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้งานดังกล่าวส่วนมากมักจะเป็นสารในกลุ่มที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ เช่น เลดเซอร์โคเนตทาเนต (PZT) เลดแมกนีเซียมไนโอเบต (PMN) เลดแลนแทนนัมเซอร์โคเนตไทเทเนียม (PLZT) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสารเหล่านี้มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบหลักทำให้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม [1, 2, 3] และในปัจจุบันได้มีการรณรงค์เรื่องการงดใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีส่วนประกอบของสารมีพิษ เช่น ตะกั่ว หรือ ปรอท ทำให้มีการหันมาใช้สารไร้ตะกั่วแทน จุดนี้เองที่ทำให้นักวิจัยจำนวนมากทุ่มเท ศึกษา วิจัย และพัฒนาสารไร้ตะกั่วด้วยวิธีการต่างๆ ซึ่งสารเฟร์โรอิเล็กทริกที่นิยมนำมาพัฒนาก็คือ บิสมัทโซเดียมไททาเนต (Bismuth Sodium Titanate; BNT) แบเรียมไททาเนต (Barium Titanate; BT) แคลเซียมไททาเนต (Calcium Titanate; CT) สทรอนเซียมไททาเนต (Strontium Titanate; ST) เป็นต้น [4, 5, 6, 7]

เซรามิกบิสมัทโซเดียมไททาเนต ($Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$; BNT) เป็นวัสดุเฟร์โรอิเล็กทริก ที่ไม่มีตะกั่วเป็นส่วนประกอบ ได้รับความสนใจเนื่องจากมีค่าโพลาไรเซชันสูงประมาณ 38 $\mu C/cm^2$ มีอุณหภูมิคูรี (T_c) สูงอยู่ที่ประมาณ 320 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิห้อง BNT มีโครงสร้างแบบเพอร์รอพสไกต์เฟร์โรอิเล็กทริกรอมโบฮีดรอล และเกิดการเปลี่ยนเฟสจากเฟร์โรอิเล็กทริกไปเป็นแอนติเฟร์โรอิเล็กทริกที่อุณหภูมิ ประมาณ 230 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าผลึกเดี่ยวของเซรามิก BNT จะมีสมบัติพิโซอิเล็กทริกที่ดี (~83 pC/N) แต่เซรามิก BNT มีค่าสนามไฟฟ้าลบล้าง (E_c) สูงประมาณ 73 KV/cm ซึ่งทำให้โพลได้ยาก [4, 8, 9]

การปรับปรุงสมบัติทางไฟฟ้าและลดค่าสนามไฟฟ้าลบล้าง (E_c) ของเซรามิก BNT สามารถทำได้ด้วยการเจือสาร Ba^{2+},Ca^{2+} และ Sr^{2+} (BNTBT, BNTCT และ BNTST) ได้พบว่าเซรามิกในระบบ $(1-x)(Bi_{0.5}Na_{0.5})TiO_3$-$xBaTiO_3$ โดยที่ x = 0 - 0.12 แสดงสมบัติพิโซอิเล็กทริก d_{33}

ที่สูง (~ 174 pC/N) และค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงสุดที่อุณหภูมิห้อง ε_r (~ 1840) นอกจากนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์ไฟฟ้าเชิงกล k_p สูง (~ 0.28) [10, 11] และสามารถโพลได้ง่ายขึ้นเนื่องจากมีค่าสนามไฟฟ้าลบล้างประมาณ 4 - 11.2 kV/cm [12, 13] เซรามิกในระบบ $(1-x)(Bi_{0.5}Na_{05})TiO_3$-$xCaTiO_3$ โดยที่ x = 0 - 0.08 พบว่าเซรามิกมีสมบัติใกล้เคียงกับเซรามิก BNT แต่อุณหภูมิคูรี T_c เพิ่มขึ้นทำให้ช่วงอุณหภูมิในการนำไปประยุกต์ใช้งานเพิ่มขึ้น [14, 15] และเซรามิกในระบบ $(1-x)(Bi_{0.5}Na_{0.5})TiO_3$-$xSrTiO_3$ โดยที่ x = 0 - 0.40 แสดงสมบัติพิโซอิเล็กทริกดีที่สุดสุด คือมีค่า d_{33} เท่ากับ 133 pC/N [16, 17]

เซรามิก BNTBT, BNTCT และ BNTST สามารถเตรียมด้วยวิธีผสมออกไซด์ โดยการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส และซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1050 – 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าการซินเตอร์เซรามิกด้วยวิธีนี้ ต้องทำที่อุณหภูมิสูง จึงทำให้เกิดการระเหยของ Bi^{3+} และ Na^+ [18] ส่งผลทำให้สมบัติต่างๆของเซรามิกเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้จริงในเชิงอุตสาหกรรม ในขณะที่วิธีการเผาไหม้ (combustion method) เป็นวิธีที่ได้รับความสนใจมากสำหรับการเตรียมเซรามิก [19, 20, 21, 22, 23, 24] เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความสะดวก ไม่ยุ่งยาก มีต้นทุนต่ำ และสามารถลดอุณหภูมิในการเผาแคลไซน์และซินเตอร์ลงได้ โดยอาศัยการปลดปล่อยพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีของเชื้อเพลิง เช่น ยูเรีย ไกลซีน [25] และเซรามิกที่เตรียมได้ด้วยวิธีนี้จะมีคุณภาพดีและมีสมบัติต่างๆ ตามต้องการ

ในงานวิจัยนี้ เราจึงมุ่งศึกษาการเตรียมเซรามิกเฟร์โรอิเล็กทริกชนิดไร้สารตะกั่วที่มีเซรามิกบิสมัทโซเดียมไททาเนตเป็นองค์ประกอบหลัก $1-x(Bi_{0.5}Na_{0.5})TiO_3$-$xATiO_3$ [A = Ba^{2+}, Ca^{2+} และ Sr^{2+}] โดยที่ x = 0 - 0.12, 0 - 0.08 และ 0 - 0.40 ตามลำดับ ด้วยวิธีการเผาไหม้และศึกษาลักษณะเฉพาะของเซรามิกที่เตรียมได้เช่น โครงสร้างผลึก โครงสร้างจุลภาค ความหนาแน่น และสมบัติทางไฟฟ้า เป็นต้น

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเตรียมเซรามิกบิสมัทโซเดียมไททาเนตเป็นองค์ประกอบหลัก 1- $x(Bi_{0.5}Na_{0.5})TiO_3$-$xATiO_3$ [A = Ba^{2+}, Ca^{2+} และ Sr^{2+}] โดยที่ x = 0-0.12, 0-0.08 และ 0-0.40 ตามลำดับ ด้วยวิธีการเผาไหม้

2. เพื่อศึกษาผลของปริมาณสารเจือ Ba^{2+}, Ca^{2+} และ Sr^{2+} ที่มีต่อโครงสร้างผลึก โครงสร้างจุลภาค และสมบัติไฟฟ้า ของเซรามิกที่เตรียมได้

3. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิซินเตอร์ที่มีต่อโครงสร้างผลึก โครงสร้างจุลภาค และสมบัติไฟฟ้า ของเซรามิกที่เตรียมได้

ขอบเขตของงานวิจัย

1. เตรียมผงผลึกบิสมัทโซเดียมไททาเนต (BNT) ผงผลึกแบเรียมไททาเนต (BT) ผงผลึกแคลเซียมไททาเนต (CT) และผงผลึกสทรอนเชียมไททาเนต (ST) ด้วยวิธีการเผาไหม้ โดยใช้อุณหภูมิในการเผาแคลไซน์ 650 – 1200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 – 4 ชั่วโมง

2. เตรียมเซรามิกบิสมัทโซเดียมไททาเนตเป็นองค์ประกอบหลัก 1- $x(Bi_{0.5}Na_{0.5})TiO_3$-$xATiO_3$ [A = Ba^{2+}, Ca^{2+} และ Sr^{2+}] โดยที่ x = 0 - 0.12, 0 - 0.08 และ 0 - 0.40 ตามลำดับ จากผงผลึกที่เตรียมได้จากข้อ 1 โดยใช้อุณหภูมิในการเผาซินเตอร์ 1050 – 1250 องศาเซลเซียส

3. ศึกษาสมบัติต่างๆ เช่น สมบัติทางกายภาพ โครงสร้างผลึก โครงสร้างจุลภาค และสมบัติไฟฟ้าของเซรามิกที่เตรียมได้จากข้อ 2