บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของการทำวิจัย

การพัฒนาประสิทธิภาพของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีการดำเนินการตลอดเวลาส่งผลให้เทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ มีการพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้ง การศึกษาวัสดุและกระบวนการผลิตใหม่ ๆ ให้ได้วัสดุที่มีสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาประสิทธิภาพของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้สูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเซรามิก (ceramic) มาผลิตเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เซรามิกชนิดเฟร์โรอิเล็กทริก (ferroelectric) เป็นกลุ่มที่มีโครงสร้างแบบเพอร์รอฟสไกต์ (perovskite, ABO_3) มีความสำคัญมากที่สุดต่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตตัวเก็บประจุที่มีค่าคงตัวไดอิเล็กทริก (dielectric constant, ε_r) สูง ทรานสดิวเซอร์ (transducer) โซนาร์ (sonar) ตัวกรองสัญญาณ และเซนเซอร์ (sensor) เป็นต้น วัสดุที่นำมาผลิตเซรามิกประเภทนี้มากที่สุดคือ แบเรียมไททาเนต (barium titanate, BT) เลดเซอร์โคเนตไททาเนต (lead zirconate titanate, PZT) เลดแลนทานัมเซอร์โคเนตไททาเนต (lead lanthanum zirconate titanate, PLZT) เลดไททาเนต (lead titanate, PT) และเลดแมกนีเซียมไนโอเบต (lead magnesium niobate, PMN) [1]

เนื่องจากมีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกสูงทำให้ในทศวรรษที่ผ่านมามีการใช้เลดไททาเนตอย่างมากในอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อย่างไรก็ตามเซรามิกที่มีส่วนประกอบของตะกั่วทำให้เกิดมลพิษซึ่งเกิดจากไอระเหยของเลดออกไซด์ (lead oxide) ในกระบวนการผลิต เพื่อเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากมลพิษดังกล่าว ทำให้วัสดุที่ไม่มีองค์ประกอบของตะกั่ว (lead-free materials) เป็นที่ต้องการในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างมาก [2]

แบเรียมไททาเนตเป็นวัสดุที่มีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกสูง โดยเมื่อให้กระแสไฟฟ้าจากภายนอกที่เรียกว่าการโพลิง (poling) จะสามารถจัดเรียงโดเมนภายในเกรน และทำให้ได้เซรามิกที่มีสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกและเพียโซอิเล็กทริก [1] แม้ว่าแบเรียมไททาเนตจะเป็นวัสดุที่มีการศึกษาและใช้งานกันอย่างกว้างขวางมากที่สุด แต่การใช้งานภายใต้สนามไฟฟ้ามีผลกระทบและทำให้การเปลี่ยนแปลงของค่าคงตัวไดอิเล็กทริก ค่าทันอะบิลิตี้ (tunability) เป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าคงตัวไดอิเล็กทริกที่สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์กับค่าคงตัวไดอิเล็กทริกที่สนามไฟฟ้าที่นำไปประยุกต์ใช้งานวัสดุที่มีค่าทันอะบิลิตี้สูงและมีค่าสูญเสียต่ำจึงเป็นที่ต้องการ แต่โดยทั่วไปแล้วค่าทันอะบิลิตี้ที่สูงก็จะส่งผลให้ค่าสูญเสียทางไดอิเล็กทริกมีค่าสูงตามไปด้วย [5]

แบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนต (barium zirconate titanate, BZT) เป็นเซรามิกที่มีการแทนที่ไอออนทิทาเนียม (Ti^{4+}) ด้วยไอออนของเซอร์โคเนียม (Zr^{4+}) มีผลทำให้ได้เซรามิกที่มีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกสูงและมีค่าสูญเสียต่ำ จากงานวิจัยของ Zhi Yu และคณะ พบว่าภายใต้สนามไฟฟ้า เซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนต ($Ba(Ti_{1-x}Zr_x)O_3$) ที่มีสัดส่วนของเซอร์โคเนียมสูง (x=0.30) จะทำให้ได้ค่าทันอะบิลิตี้ที่สูงและมีค่าสูญเสียต่ำที่อุณหภูมิห้อง [3] นอกจากนี้งานวิจัยของ Tang และคณะได้รายงานว่า เซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนตที่ x=0.20 จะทำให้ได้ค่าทันอะบิลิตี้ที่สูงกว่า 80% และที่ x=0.25 จะมีค่า FOM (figure of merit; tunability/ $\tan\delta$) สูงถึง 135 [4] และงานวิจัยของ Rui-hong Liang และคณะ พบว่าเซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนต ที่ x=0.25, 0.30, 0.35 มีค่าทันอะบิลิตี้สูงและมีค่าสูญเสียต่ำเช่นเดียวกัน [5] ซึ่งขั้นตอนในการเตรียมผงและเซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนตในงานวิจัยดังกล่าวต้องใช้อุณหภูมิใน การเผาแคลไซน์ (calcinations) และการเผาซินเตอร์ (sintering) สูงถึง 1,100-1,250°C และ 1,400 – 1,560° C ตามลำดับ [3-5]

การประหยัดพลังงานในขั้นตอนการเตรียมและผลิตเซรามิก ด้วยการลดอุณหภูมิในการเผาแคลไซน์และซินเตอร์ สามารถทำได้โดยอาศัยการปลดปล่อยพลังงานความร้อนจากการจุดระเบิดที่ได้จากปฏิกิริยาเคมี หรือที่เรียกว่าวิธีการการเผาไหม้ (combustion) โดยพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเฟส โครงสร้างและสมบัติของวัสดุ [7] Dongfeng Xue และคณะ อาศัยการจุดระเบิดจากปฏิกิริยาเคมีของยูเรีย ในการเตรียมโซเดียมแทนทาเลต (sodium tantalite, $NaTaO_3$) ที่มีอุณหภูมิในการเผาแคลไซน์ด้วยวิธีการปฏิกิริยาสถานะของแข็ง (solid state reaction) สูงประมาณ 1,000 – 1,300°C ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิในการเผาลงได้ที่อุณหภูมิ 600°C [6] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาเงื่อนไขการเตรียมผงและเซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนต ด้วยวิธีการปฏิกิริยาสถานะของแข็งและวิธีการเผาไหม้ รวมทั้งศึกษาสมบัติทางกายภาพของผงและเซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนตทิทาเนตที่เตรียมด้วยวิธีการดังกล่าว

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาเงื่อนไขการเตรียมผงผลึกและเซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนตโดยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง และวิธีการเผาไหม้
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของผงผลึกและเซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนตที่เตรียมด้วยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง และวิธีการเผาไหม้

ขอบเขตของงานวิจัย

1. เตรียมผงผลึกและเซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนต ($Ba(Ti_{1-x}Zr_x)O_3$; x=0.20, 0.25 และ 0.30) ด้วยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็งและวิธีการเผาไหม้ โดยใช้อุณหภูมิในการเผาแคลไซน์และเผาซินเตอร์ ตั้งแต่ 600-1,350 $^{\circ}C$ และ 1,250-1,600 $^{\circ}C$

2. ศึกษาโครงสร้างเฟส โครงสร้างทางจุลภาค ความหนาแน่น ความหดตัวเชิงเส้น และสมบัติทางไฟฟ้าของผงผลึกและเซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนตที่เตรียมโดยวิธีการปฏิกิริยาสถานะของแข็ง และวิธีการเผาไหม้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเตรียมผงและเซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนตด้วยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง และวิธีการเผาไหม้ได้

2. ทำให้มีความเข้าใจและทราบเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเตรียมผงและเซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนต

3. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างจุลภาค โครงสร้างผลึก สมบัติทางกายภาพ และขบวนการผลิตเซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนต เพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้งาน