

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ในปัจจุบันวัสดุเพียโซอิเล็กทริกมีความสำคัญในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างมาก เนื่องจากวัสดุชนิดนี้สามารถแสดงคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงพลังงาน จากพลังงานกลไปเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือจากพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกลได้[1] จากคุณสมบัตินี้เองทำให้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกถูกนำไปประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น ตัวแปลงไฟฟ้าแรงดัน (piezoelectric transducer) หัวจุดแก๊ส (gas igniter) ตัวเก็บประจุ (capacitor) ลำโพง (speaker) และเครื่องตรวจจับ (sensors) เป็นต้น[2] โดยกลุ่มของวัสดุที่ถูกนำไปใช้กับอุปกรณ์ประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นเซรามิกชนิดที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบหลัก (lead base ceramic) เนื่องจากมีสมบัติเพียโซอิเล็กทริกและสมบัติไดอิเล็กทริกที่โดดเด่นเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามเซรามิกชนิดนี้มักก่อให้เกิดปัญหาในระหว่างกระบวนการผลิตและการนำไปใช้งานรวมทั้งผลกระทบต่อสุขภาพทางด้านสิ่งแวดล้อม และโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาในด้านผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายของมนุษย์ ดังนั้นจึงได้มีการวิจัย คิดค้นพัฒนาเซรามิก ในกลุ่มเพียโซอิเล็กทริกที่สามารถทดแทนเซรามิกในกลุ่มนี้เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากออกไซด์ของตะกั่ว

โซเดียม โพแทสเซียม นีโอเบต ($\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$) เป็นสารประกอบเพียโซอิเล็กทริกที่มีโครงสร้างเป็นแบบเพอโรฟสไกต์เชิงซ้อน (complex perovskite) ที่กำลังได้รับความสนใจในความเป็นไปได้ที่จะนำมาทดแทนเซรามิกที่มีออกไซด์ของตะกั่วเป็นองค์ประกอบ เนื่องจากมีอุณหภูมิคูรี (T_c) ที่สูงถึง 420°C ค่าแฟกเตอร์คู่ควบของการเปลี่ยนพลังงานระหว่างพลังงานกลกับพลังงานไฟฟ้า (electromechanical coupling factor ; k_p) ที่ 45% หรือ 0.45 ค่าสัมประสิทธิ์ทางเพียโซอิเล็กทริก (d_{33}) ที่ 160 pC/N และค่าโพลาไรเซชันคงเหลือ(P_r) ที่ $33\text{ }\mu\text{C/cm}^2$ หากเตรียมด้วยวิธีการกดอัดด้วยความร้อน (hot press sintering)[3] และจะแสดงค่าสัมประสิทธิ์เพียโซอิเล็กทริก(d_{33}) ที่ 416 pC/N ค่าสภาพยอม

สัมพัทธ์ (ϵ_r) ที่ 1570 และอุณหภูมิคูรี (T_c) ที่ 253 °C เมื่อเตรียมด้วยวิธีการจัดเรียงผิวเซรามิก[4] อย่างไรก็ตามเซรามิกชนิดนี้มีปัญหาสำคัญในการเตรียมชิ้นงานเซรามิกให้มีความหนาแน่นสูงด้วยวิธีการเตรียมแบบมิกซ์ออกไซด์ (conventional mixed oxide method) [5] ได้ยาก แนวทางการแก้ปัญหาที่นิยมใช้เพื่อเพิ่มความหนาแน่นและสมบัติเพียโซอิเล็กทริกของสารชนิดดังกล่าว ได้แก่ การเติมสารประกอบ BaTiO_3 [6] และ LiNbO_3 [7] ลงในโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบต ให้อยู่ในรูปสารละลายของแข็ง การนำสารที่เป็นตัวช่วยในกระบวนการเผาซินเตอร์ (sintering aid) เช่น $\text{K}_{5.4}\text{CuTa}_{10}\text{O}_{29}$ [8] และ CuO เติมลงไปเพื่อลดอุณหภูมิในการเผา และ การเตรียมด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การเตรียมแบบกดอัดด้วยความร้อน และการเตรียมแบบ spark plasma sintering เพื่อเพิ่มความหนาแน่นของเซรามิก [9] แต่อย่างไรก็ตามการเตรียมด้วยวิธีดังกล่าวนี้ยังไม่เหมาะสมในการผลิตเซรามิกจำนวนมาก (mass production) ในระดับอุตสาหกรรม

นาโนออกไซด์ที่มีขนาดอนุภาคระดับนาโน (NiO nano-particle) เป็นอีกตัวเลือกหนึ่งของสารประกอบโลหะที่นิยมนำมาเติมลงไปในเซรามิกสำหรับนำมาใช้เป็นตัวเก็บประจุแบบหลายชั้น (multilayer ceramic capacitor; MLCC) เพื่อลดค่าใช้จ่ายในระหว่างกระบวนการผลิตขั้วไฟฟ้า ทดแทนอัลลอยของธาตุพอลลาเดียมและธาตุเงินที่มีราคาสูงอย่างมากในปัจจุบัน[10] อีกทั้งเพิ่มสมบัติไดอิเล็กทริกกับสมบัติความเป็นแม่เหล็กและเพิ่มความหนาแน่นให้แก่เซรามิกอีกด้วย โดยพบว่าเมื่อเติมผงนาโนออกไซด์ลงในแบเรียมติตาเนต (BaTiO_3 ; BT) ค่าไดอิเล็กทริกที่ได้เพิ่มขึ้นจาก 420 ไปเป็น 10850 [11] และเมื่อเติม NiO ตั้งแต่ 0-0.30 vol% ลงไปในแบเรียมติตาเนตชนิด X7R พบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกันตามปริมาณของ NiO ที่เติมลงไป แต่ค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของ NiO ที่เติมลงไปมีค่ามากกว่า 10 vol% และยังพบอีกว่าค่าความหนาแน่นของเซรามิกที่ได้จากการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ลดลง รวมถึงการที่ NiO ไม่เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและกระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับแบเรียมติตาเนตอีกด้วย[12]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาการเตรียมสารเซรามิกที่มีองค์ประกอบหลักเป็นโพแทสเซียมโซเดียมไนโอเบตโดยมีตัวเติมให้แก่ผงนาโนออกไซด์ โดยวิธีมิกซ์ออกไซด์แบบดั้งเดิม (conventional mixed oxide) โดยควบคุมความชื้นของสารตั้งต้นในระหว่างกระบวนการ

สังเคราะห์ รวมถึงการหาช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาซินเตอร์ของเซรามิกโพแทสเซียมโซเดียมไนโอเบต/นาโนนิกเกิลออกไซด์ ($\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$ /nano-NiO) จากนั้นจึงทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางไฟฟ้าของเซรามิกที่เตรียมได้ ซึ่งจะเป็นการสร้างองค์ความรู้ใหม่เพื่อเป็นพื้นฐานและแนวทางในการศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อยอดการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ปลอดภัยได้ต่อไปในอนาคต

1.2 จุดประสงค์ของการศึกษาวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเตรียมเซรามิกที่มีองค์ประกอบหลักของสารเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตที่มีการเติมตัวเติมในสัดส่วนต่างๆ ด้วยวิธีมิกซ์ออกไซด์แบบดั้งเดิม
2. เพื่อตรวจสอบหาตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดในการเผาซินเตอร์สารเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตกับตัวเติมในสัดส่วนต่างๆ
3. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและโครงสร้างจุลภาคของสารเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตและโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตกับตัวเติมที่เตรียมได้
4. ศึกษาสมบัติทางไดอิเล็กทริก เฟอร์โรอิเล็กทริก และเพียโซอิเล็กทริกของเซรามิกที่เตรียมได้