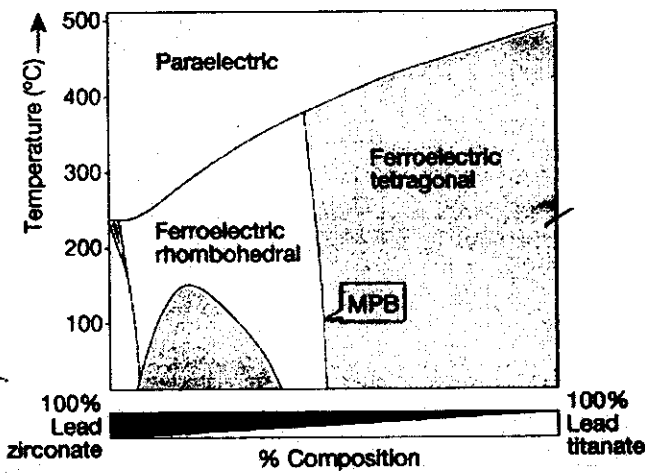


เนื้อหางานวิจัย

1. บทนำ

ในปัจจุบันวัสดุเฟอร์โรอิเล็กทริกที่มีเลคออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ หรือเรียกย่อๆ ว่า PZT เป็นสารพีโซอิเล็กทริกที่นิยมกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด และได้รับการพัฒนาอย่างค่อเนื่องเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ต่างๆ มากมาย เช่น ตัวเก็บประจุเซรามิกแบบหลายชั้น (multilayer ceramic capacitors) ทรานสดิวเซอร์ (transducers) เซ็นเซอร์ (sensors) ตัวบันทึกหน่วยความจำแบบเฟอร์โรอิเล็กทริก (ferroelectric memories) เป็นต้น เนื่องจากสารชนิดนี้แสดงสมบัติต่างๆ ที่ต้องการได้อย่างดี และการมีสมบัติพีโซอิเล็กทริกที่เด่นที่บริเวณรอยต่อเฟสที่มีสัณฐานร่วมกัน (morphotropic phase boundary, MPB) ดังแสดงในรูป 1.1 [1-4]



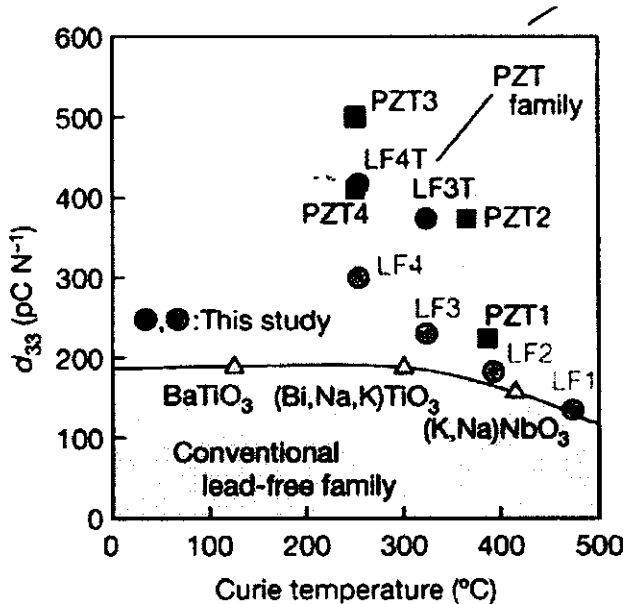
รูป 1.1 บริเวณรอยต่อเฟสที่มีสัณฐานร่วมกัน (morphotropic phase boundary, MPB) ของเซรามิก $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ [4]

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเซรามิกชนิดนี้มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ในปริมาณสูง ซึ่งตะกั่วนี้เป็นสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมจากการแพร่ของไอตะกั่ว ปัญหาการกำจัดสารเคมีของเสีย และความยากในการขจัดตะกั่วออกจากกระบวนการรีไซเคิล [3] ซึ่งปัญหาต่างๆ เหล่านี้จึงนำไปสู่ความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาสารจำพวกเฟอร์โรอิเล็กทริก ไพโรอิเล็กทริก พิโซอิ-

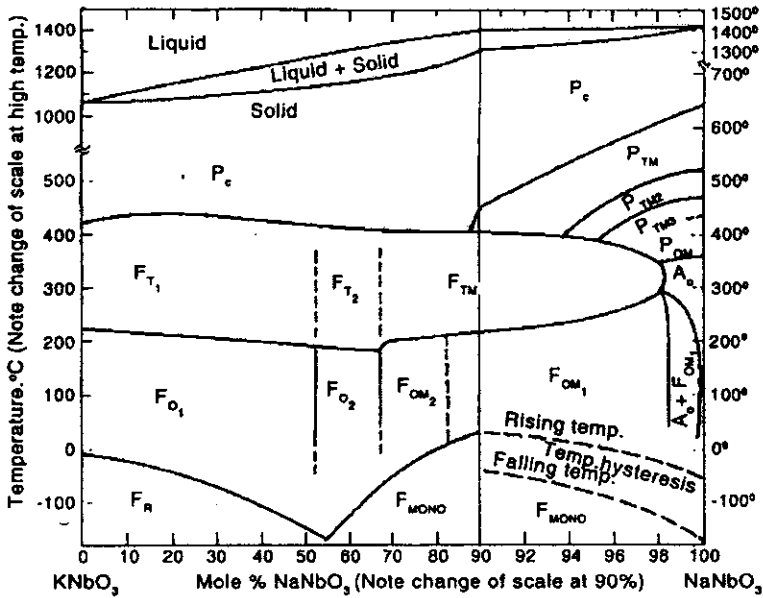
อิเล็กทรอนิกส์ใหม่ขึ้นมาแทนที่ (lead-free materials) โดยสารชนิดนี้ต้องไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและชีวิตมนุษย์ และแสดงสมบัติทางไฟฟ้าได้ดีเทียบเท่ากับสารพีโซอิเล็กทริกที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ

สารที่ไม่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ (non-lead based materials) หลายชนิดด้วยกันกำลังได้รับความสนใจและทำการศึกษาวิจัยโดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น เช่น BaTiO_3 , [5], $(\text{Na,K})\text{NbO}_3$, [6-23], $(\text{Na,Bi})\text{TiO}_3$, [24] และ $(\text{Ba,Sr,Lu})\text{NaNbO}_3$, [25] สารเหล่านี้แสดงสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกและพีโซอิเล็กทริกได้ดี อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีสารตัวใดที่สามารถแสดงสมบัติต่างๆ ได้ดีเพื่อแทนที่สารในระบบ PZT ได้ [14] ดังแสดงในรูป 1.2

ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษา $(\text{Na,K})\text{NbO}_3$ ซึ่งวัสดุชนิดนี้เกิดจากการผสมกันระหว่างวัสดุแอนติเฟอร์โรอิเล็กทริก NaNbO_3 และ KNbO_3 ที่มีโครงสร้างแบบออร์โธโรมบิกทั้งสองชนิดที่อุณหภูมิห้อง [26] และมีค่าแลตทิซพารามิเตอร์ คือ $a = 5.506 \text{ \AA}$, $b = 15.520 \text{ \AA}$, และ $c = 5.566 \text{ \AA}$ [27] โดยโครงสร้างผลึกของระบบนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ คือ เปลี่ยนโครงสร้างผลึกแบบออร์โธโรมบิกไปสู่เฟสเตตระโกนอลที่อุณหภูมิ $200 \text{ }^\circ\text{C}$ และ เปลี่ยนจากเตตระโกนอลไปสู่เฟสคิวบิกที่อุณหภูมิ $400 \text{ }^\circ\text{C}$ [26, 28] ซึ่งเฟสโคเอแกรมของระบบนี้ [1, 29] แสดงดังรูป 1.3 และอุณหภูมิคูรีของระบบจะแปรตามปริมาณ KNbO_3 ที่เติมลงไปใน NaNbO_3 ,



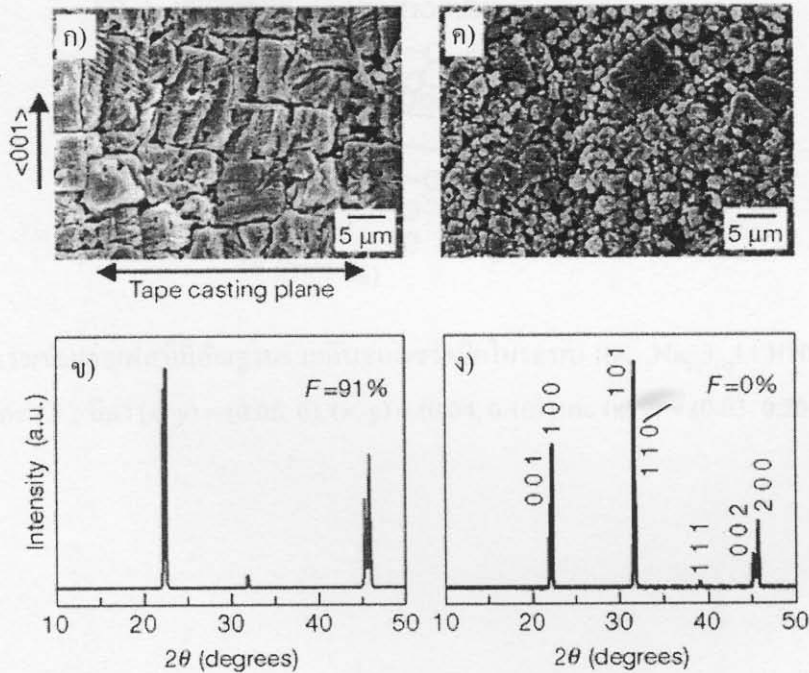
รูป 1.2 เปรียบเทียบค่า d_{33} ของวัสดุพีโซอิเล็กทริก [14]



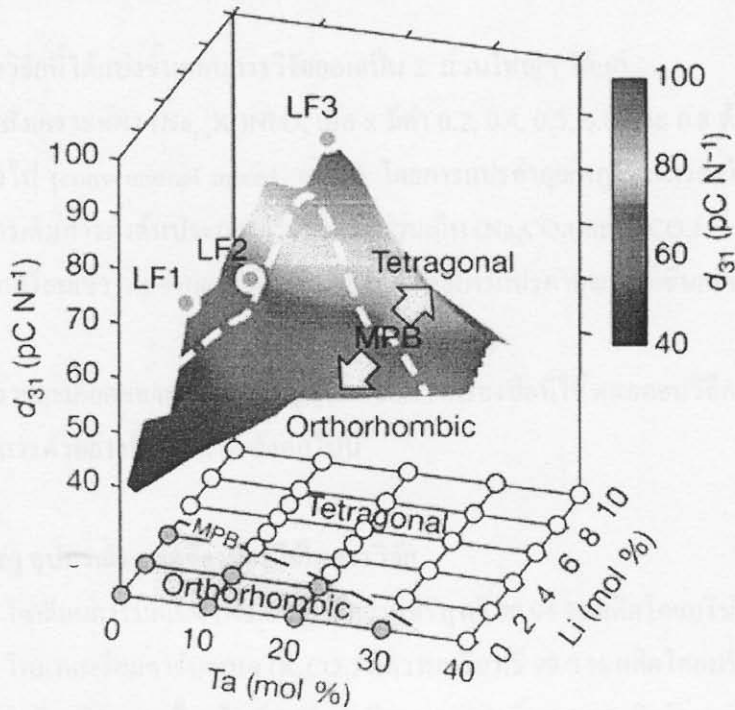
รูป 1.3 เฟสไดอะแกรมของวัสดุ $(\text{Na}_{1-x}\text{K}_x)\text{NbO}_3$ [29]

อย่างไรก็ตาม การเตรียมเซรามิก $(\text{Na,K})\text{NbO}_3$ ให้ได้ความหนาแน่นสูงนั้น จะทำได้ยากถ้าใช้วิธีการเตรียมแบบทั่วไปโดยวิธีการซินเตอร์ในอากาศ เนื่องจากมีความสามารถในการซินเตอร์ต่ำและอัตราการระเหยกลายเป็นไอของสารตั้งต้นสูง [27] ดังแสดงในเฟสไดอะแกรมในรูป 1.3 จะเห็นว่ามีเฟสของเหลวเกิดร่วมกับเฟสของแข็งที่อุณหภูมิประมาณ $1140\text{ }^{\circ}\text{C}$ อีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้สารในกลุ่มนี้มีค่าความหนาแน่นต่ำอาจมาจากการระเหยของสารตั้งต้นประเภทคาร์บอนेट (ได้แก่ โซเดียมคาร์บอนेट และ โพแทสเซียมคาร์บอนेट ซึ่งมีจุดหลอมเหลวต่ำประมาณ 851 และ $891\text{ }^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ) เมื่อเผาแคลไซน์หรือซินเตอร์ที่อุณหภูมิสูง สามารถนำไปสู่ความไม่สม่ำเสมอขององค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของสารกลุ่มนี้ และจะส่งผลกระทบต่อสมบัติทางไฟฟ้าต่อไป ดังนั้น จากรายงานวิจัยที่ผ่านมา จึงใช้การเตรียมแบบกดร้อน (hot pressing) [30-32] และวิธีการใช้พลาสมาในกระบวนการซินเตอร์ (Spark plasma sintering, SPS) [6, 27] เพื่อเตรียม $(\text{Na,K})\text{NbO}_3$ ที่มีค่าความหนาแน่นสูง อย่างไรก็ตาม สมบัติทางพิโซอิเล็กทริกของเซรามิกที่เตรียมด้วยวิธีที่กล่าวมานี้ยังมีค่าสูงไม่มากนักเมื่อเทียบกับ PZT ดังนั้น จึงมีนักวิจัยอีกกลุ่มหนึ่งทำการเตรียมเซรามิกชนิดนี้ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า reactive-templated grain growth (RTGG) [14] ซึ่งเป็นวิธีที่จะพยายามจัดเรียงทิศทางของเกรนให้ไปทางเดียวกัน (รูป 1.4) และสามารถปรับปรุงและพัฒนาค่าสัมประสิทธิ์พิโซอิเล็กทริกให้สูงขึ้น โดยในงานนี้สามารถเตรียมเซรามิกในระบบ $(\text{K}_{0.44}\text{Na}_{0.52}\text{Li}_{0.04})(\text{Nb}_{0.84}\text{Ta}_{0.10}\text{Sb}_{0.06})\text{O}_3$ ให้มีค่าสูงประมาณ 416 pC/N แต่วิธีการนี้

ค่อนข้างซับซ้อนจึงมีนักวิจัยอีกจำนวนหนึ่งที่ยังสนใจเตรียมเซรามิกในระบบนี้โดยวิธีการซินเตอร์แบบปกติ โดยมีการเติมสารเจือชนิดอื่นๆ เข้าไปเพื่อพัฒนาสารนี้ให้มีความหนาแน่นสูงและมีสมบัติทางไฟฟ้าที่ดีเท่าเทียมกับ PZT ได้ [15 -18] โดยสารเจือที่มีการนำมาเติมลงในระบบ $(\text{Na},\text{K})\text{NbO}_3$ ได้แก่ BaTiO_3 [11], SrTiO_3 [9], LiTaO_3 [10], LiNbO_3 [33-34], $\text{K}_4\text{CuNb}_8\text{O}_{23}$ [13], CuO [15, 23] และ ZnO [11] และพบว่าสารในระบบของ $(\text{Na},\text{xK}_\text{x})\text{NbO}_3$ นี้จะแสดงสมบัติพีโซอิเล็กทริกได้ดีที่จุด MPB เช่นเดียวกับ PZT จะเกิดขึ้นเมื่อ x มีค่าเท่ากับ 0.5 [9] ซึ่งเป็นบริเวณที่มีเฟสออร์โธโรมบิกและเตตระโกนอลอยู่ร่วมกัน และสามารถเกิดขึ้นในกรณีที่เติมสารเจือลงไปได้ด้วย ดังแสดงในรูป 1.5



รูป 1.4 ภาพ SEM ของภาคตัดขวางและรูปแบบการเลี้ยวเบนของเซรามิกแบบ textured และ non-textured ก) และ ข) $\langle 001 \rangle$ เซรามิกที่มีทิศทางการจัดเรียงตัว ก) และ ง) เซรามิกที่ไม่มีทิศทางการจัดเรียงตัว [14]



รูป 1.5 บริเวณรอยต่อเฟสที่มีสัณฐานร่วมกันของเซรามิกในระบบ $\{(K_{0.5}Na_{0.5})_{1-x}Li_x\}(Nb_{1-y}Ta_y)O_3$ เมื่อ LF1, LF2 และ LF3 มีค่า $(x, y) = (0.06, 0)$, $(x, y) = (0.04, 0.10)$ และ $(x, y) = (0.03, 0.20)$ ตามลำดับ [14]