

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวในส่วนของ วัสดุ อุปกรณ์ ขั้นตอนและวิธีการทดลอง เพื่อเตรียมผงโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบต และเซรามิกของโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตกับตัวเติมนาโนนิกเกิลออกไซด์ ด้วยวิธีมิกซ์ออกไซด์แบบดั้งเดิม (conventional mix oxide method) รวมทั้งขั้นตอนวิเคราะห์ผงและเซรามิกกับตัวเติมที่เตรียมได้ด้วยรังสีเอกซ์ (x-ray diffraction analysis) การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการซินเตอร์ ศึกษาสมบัติทางกายภาพ ศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของผงและชิ้นงานเซรามิก และศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิก

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบไปด้วย K_2CO_3 Na_2CO_3 Nb_2O_5 และ NiO ซึ่งได้ชี้แจงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3.1 และส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 แสดงถึงสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อสารเคมี	ผู้ผลิต	มวลโมเลกุล (g/mol)	ความบริสุทธิ์
โพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3)	Riedel-de Haen	138.21	>98%
โซเดียมคาร์บอเนต(Na_2CO_3)	SIGMA	105.99	>99.0%
ไนโอเบียมออกไซด์(Nb_2O_5)	CERAC	265.81	>99.95%
นิกเกิลออกไซด์(NiO -nanoparticle)	ALDRICH	74.71	>99.8%

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.2 แสดงถึงอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

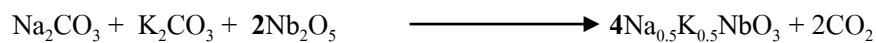
อุปกรณ์และเครื่องมือ	ผู้ผลิต	รุ่น
-เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	DENVER	APX-200
-ขวดบดสารชนิด Polyethylene	-	250 และ 500 มิลลิลิตร
-เครื่องบดผสมแบบหมุนวน	-	-
-ลูกบด YSZ (yttrium-stabilized zirconia)	-	7 มิลลิเมตร
-เตาอบสาร	-	-
-เตาเผาไฟฟ้า	-	-
-เวอร์เนียร์	ZIMM-ZEEM	-
-ชุดอัดสารขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร	-	-
-เครื่องอัดขึ้นรูประบบไฮดรอลิก	RIKEN-SEIKI	-
-โถดูดความชื้น	-	-
-เครื่องให้ความร้อนพร้อมแม่เหล็ก	Labtech	-
-กระดาดทราย	-	#600,800,1000,1200
-เครื่องขัดเม็ดเซรามิกไฟฟ้า	Struers	ROTOPOL-V
-เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์	-	-
-เครื่อง LCR มิเตอร์	Agilent	E4980A
-เครื่องวัดฮิสเทอรีซิส	TREK	609B
-เครื่องกำเนิดความต่างศักย์สูง	RADIANT	-
-เครื่องวัดค่าเพียโซอิเล็กทริก(d_{33})	KCF technologies	S5865

3.3 วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ศึกษาการเตรียมสารประกอบโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบต(sodium potassium niobate; $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$) หรือ NKN ด้วยวิธีการเตรียมแบบมิกซ์ออกไซด์ดั้งเดิม(conventional mix oxide method) และการเตรียมเซรามิก NKN กับ ผงอนุภาคระดับนาโนของ NiO (NKN/NiO)

3.3.1 การเตรียมผงแคลไซน์โซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบต

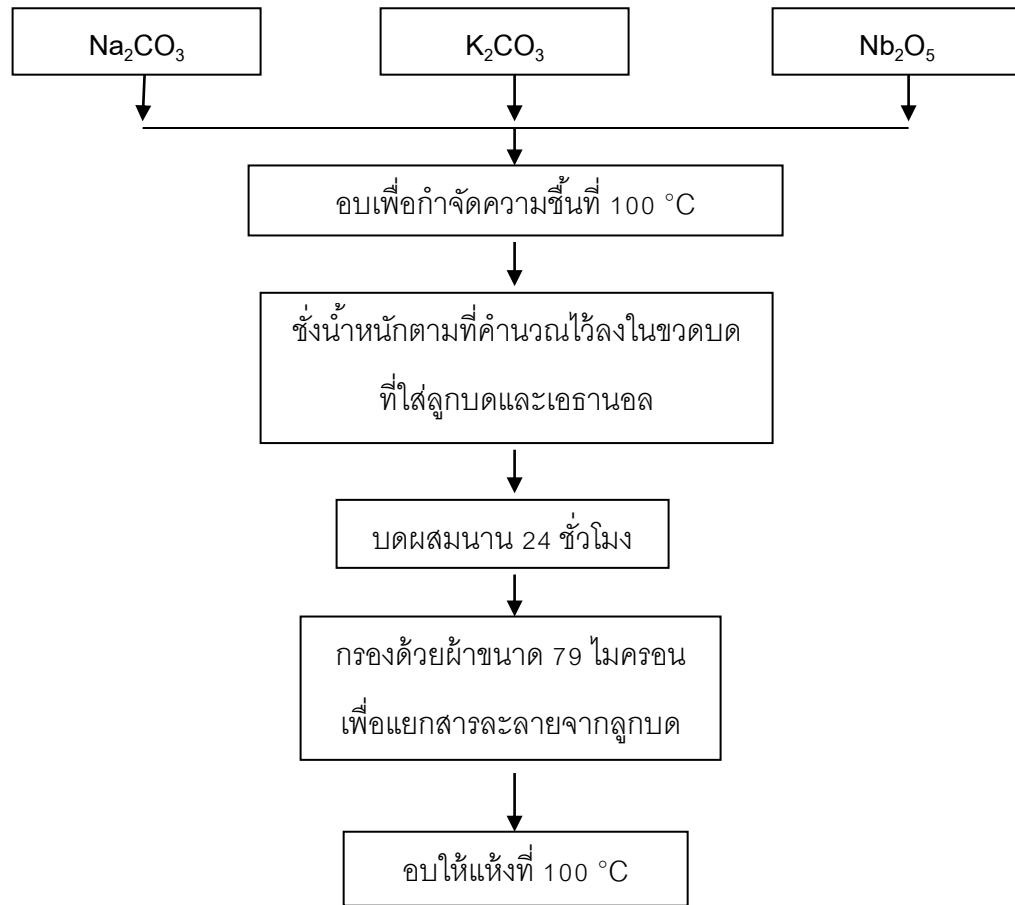
ในการเตรียมผงแคลไซน์โซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตด้วยวิธีมิกซ์ออกไซด์แบบดั้งเดิมนั้น เป็นเทคนิคที่ผสมสารตั้งต้นเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่ได้คำนวณไว้แล้วดังแสดงในตารางที่ 3.3 จากสมการ ดังนี้



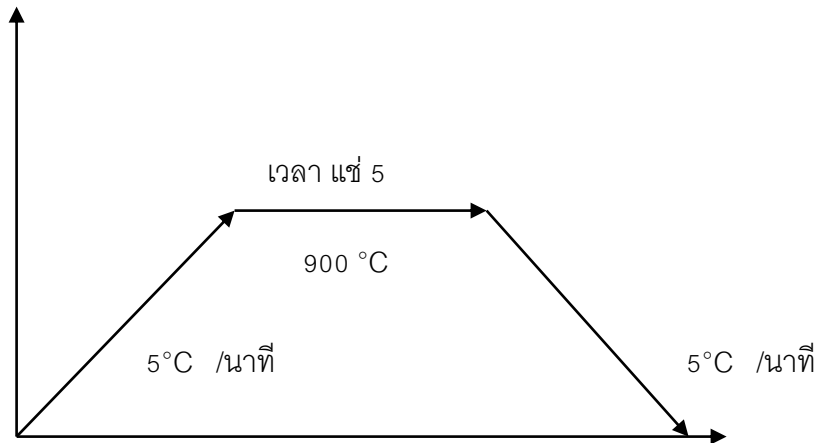
ก่อนการเตรียมผงสำหรับนำไปบดผสมนั้นจำเป็นต้องนำสารตั้งต้นทั้งหมด ซึ่งได้แก่ K_2CO_3 , Na_2CO_3 และ Nb_2O_5 ไปอบเพื่อกำจัดความชื้นที่อุณหภูมิ $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงเตรียมผงแคลไซน์โซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตจำนวน 100 g โดยนำเอาสารตั้งต้นทั้งหมดมาชั่งตามอัตราส่วนและปริมาณตามที่ได้คำนวณไว้ ลงในขวดบดขนาด 500 ml พร้อมด้วยลูกบดและเอธานอล ปิดฝาขวดให้แน่นแล้วนำไปวางบนเครื่องบดผสมแบบหมุนวน บดต่อเนื่องเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง จากนั้นแยกลูกบดออกจากสารละลาย เมื่อล้างลูกบดด้วยเอธานอลจนสะอาดแล้วให้นำสารละลายที่ได้จากการล้างลูกบดไปอบที่อุณหภูมิ $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้จนของเหลวแห้ง แล้วจึงนำผงที่ได้มาเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ด้วยอัตราการขึ้นลงของอุณหภูมิ $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{นาท}$ ดังแสดงในรูป ที่ 3.2

ตารางที่ 3.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสารประกอบโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบต
($\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$)

	Weight of powder(g)			
	50	100	150	200
Na_2CO_3	6.8307	13.6614	20.4921	27.3228
K_2CO_3	8.9069	17.8139	26.7208	35.6278
Nb_2O_5	34.2624	68.5247	102.7871	137.0495
Total weight	50.0000	100.0000	150.0000	200.0000



รูปที่ 3.1 แสดงภาพขั้นตอนการเตรียมสารประกอบโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบต($\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$)



รูปที่ 3.2 แสดงเงื่อนไขในการแคลไซน์ของสารประกอบโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบต
($\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$)

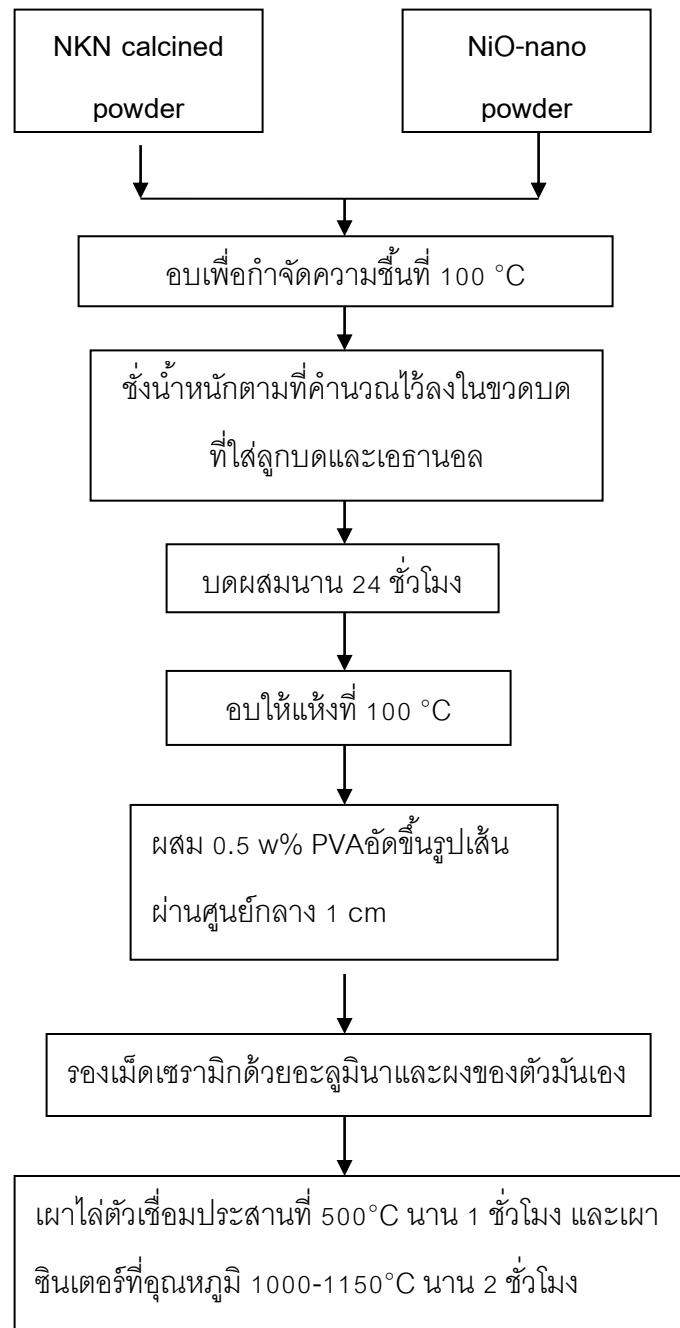
3.3.2 กระบวนการเตรียมเซรามิกโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบต/นาโนนิกเกิลออกไซด์ (NKN/NiO)

ในขั้นตอนของกระบวนการเตรียมเซรามิกของสารประกอบโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบต/นาโนนิกเกิลออกไซด์(NKN/NiO) โดยเปอร์เซ็นต์ของปริมาตร (volume%) ที่ปริมาณของ NiO เท่ากับ 0 1 2 และ 3 % นั้น ได้อาศัยข้อมูลความหนาแน่นของผงแคลไซน์ NKN ที่เตรียมได้ มาคำนวณเทียบกับค่าความหนาแน่นของตัวเดิมคือ NiO เพื่อนำไปซึ่งหาปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการผสมสารตั้งต้นทั้งสองชนิดเข้าด้วยกันตามตารางที่ 3.4

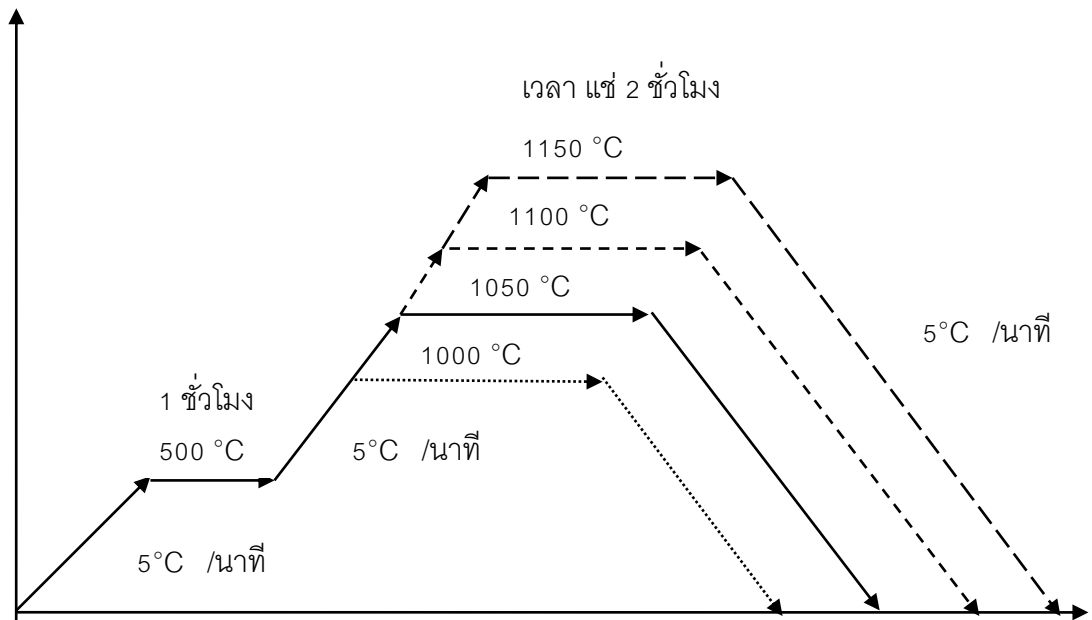
ตารางที่ 3.4 แสดงอัตราส่วนสารประกอบเซรามิก NKN/NiO-nano

Vol%(NiO-nano)	Weight powder(g)	
	NKN(3.08 g/cm^3)	NiO-nano(6.67 g/cm^3)
0	30.8380	0
1	30.5296	0.6670
2	30.2212	1.3340
3	29.9129	2.0010

หลังจากซังสารตั้งต้นได้ตามปริมาณที่เหมาะสมลงในขวดบดสารขนาด 250 ml ให้ใส่ลูกบดขนาด 7 mm และตามด้วยเอริทแอลกอฮอล์ นำสารละลายที่เตรียมได้ไปบดผสมเป็นระยะเวลานาน 24 ชั่วโมง จากนั้นแยกสารละลายที่ได้ออกจากลูกบดและล้างลูกบดให้สะอาด อบสารละลายให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดผงที่ได้ให้ละเอียดพร้อมกับกรองด้วยกระดาษกรอง หลังจากนั้นชั่งผงเซรามิกที่เตรียมได้ในแต่ละเงื่อนไขในปริมาณ 0.6 กรัมเพื่อทำการบดผสมด้วยสารยึดเหนี่ยว 0.5w% PVA และนำไปอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 cm ด้วยแรงกด 1 ตัน/cm² เป็นเวลา 20 วินาที นำเม็ดเซรามิกมาจัดวางไว้บนแผ่นอะลูมินาที่รองพื้นด้วยผงของตัวเซรามิกเอง จากนั้นนำเม็ดเซรามิกที่อัดขึ้นรูปแล้วไปเผาซินเตอร์เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสม และในระหว่างการเผาซินเตอร์นั้น จำเป็นต้องเผาไล่ตัวยึดเหนี่ยวที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อน ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 แสดงแผนภาพขั้นตอนการเตรียมเซรามิก $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3/\text{NiO-nano}$ powder



รูปที่ 3.4 แสดงเงื่อนไขในการเผาซินเตอร์เซรามิก NKN/NiO-nano

3.4 การตรวจสอบเฟสด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD)

.ในการทดลองนี้ ได้นำสารโซเดียมโพแทสเซียมไนโอเบตที่ผ่านการแคลไซน์ ที่อุณหภูมิ 900 °C และเม็ดเซรามิก NKN/NiO-nano ที่ผ่านการซินเตอร์ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม มาตรวจสอบถึงเฟสองค์ประกอบด้วยเครื่อง X-ray diffractometer เทคนิคนี้เป็นการตรวจสอบโดยอาศัยหลักการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) เมื่อรังสีเอกซ์ตกกระทบบนผิววัสดุซึ่งมีโครงสร้างเป็นรูปผลึก และมีการจัดเรียงของอะตอมอย่างมีระเบียบที่มีลักษณะเป็นระนาบ(hkl) จึงทำให้เกิดการกระเจิงของรังสีเอกซ์เกิดขึ้น พร้อมกับเลี้ยวเบนออกมาในมุมที่มีลักษณะเฉพาะตามชุดของระนาบนั้น และสามารถแทรกสอดเสริมกันได้ จึงทำให้สามารถตรวจสอบได้ว่ารังสีนั้นมาจากระนาบใดและมีปริมาณเท่าใด โดยดูจากค่ามุมและปริมาณความเข้มข้นของรังสี ซึ่งสารแต่ละชนิดจะมีรูปแบบการเลี้ยวเบนที่เป็นลักษณะเฉพาะแตกต่างกันไปตามลักษณะของโครงสร้างนั้นๆ โดยเริ่มจากการนำผงแคลไซน์และเม็ดเซรามิกที่เตรียมได้มาบรรจุลงในแผ่นบรรจุสารตัวอย่าง (sample holder) ใส่แผ่นที่บรรจุสารตัวอย่างลง

ไปในเครื่อง XRD และเริ่มทดสอบโดยให้มุมเริ่มต้นที่ 2θ เท่ากับ 2 องศา และมุมสุดท้ายเท่ากับ 80 องศา จากนั้นผลที่แสดงออกมาจะอยู่ในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม กับมุม 2θ จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลในแฟ้ม JCPDS เพื่อตรวจสอบเฟสและความบริสุทธิ์ของผง และเมื่อเซรามิกพร้อมทั้งคำนวณหาแลตทิซพารามิเตอร์ (lattice parameter) จากการสะท้อนของ hkl

ตารางที่ 3.5 แสดงสถานะการทดลองของการวิเคราะห์ด้วยรังสีเอกซ์

Method	Step scan
Axis	2 theta-theta
Mode	Ordinary
Start angle(deg.)	2.000

Stop angle(deg.)	80.000
Step angle(deg.)	0.04
Step time(s)	1
Operation temp. °C	25

3.5 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของเซรามิก

3.5.1 การหาค่าความหนาแน่น

การทดลองนี้ได้หาค่าความหนาแน่นของชิ้นงานเซรามิกที่เตรียมได้โดยใช้หลักการแทนที่น้ำของอาคิมิดีส โดยนำเม็ดเซรามิกที่เตรียมได้มาต้มในน้ำกลั่นเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในอากาศ แล้วจึงนำมาชั่งในน้ำกลั่น (W_3) เพื่อเป็นการกำจัดฟองอากาศของเม็ดเซรามิก หลังจากนั้นนำชิ้นงานเซรามิกที่ผ่านการต้มมาชั่งในอากาศ (W_2) เมื่อชั่งเสร็จแล้วจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้แห้งก่อนนำมาชั่งในอากาศอีกครั้งหนึ่ง (W_1) แล้วจึงคำนวณหาค่าความหนาแน่นของชิ้นงานจากสมการ 3.1

$$\rho_s = \frac{W_1}{W_2 - W_3} \times \rho_{st} \quad (3.1)$$

เมื่อ ρ_s และ ρ_{st} คือความหนาแน่นของเซรามิกและของน้ำตามลำดับ

W_1 คือ น้ำหนักของเซรามิกหลังจากอบแห้ง

W_2 คือ น้ำหนักของเซรามิกที่ชั่งในอากาศ

W_3 คือ น้ำหนักของเซรามิกที่ชั่งในน้ำ

3.5.2 การศึกษาโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(SEM)

ในการทดลองนี้ได้ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) มาใช้ในการศึกษา ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของผงแคลไซต์และเม็ดเซรามิกที่ผ่านการเผาภายใต้สภาวะที่เหมาะสมหลัง การขัดและกัดด้วยความร้อน(thermal etched) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประกอบการอธิบายถึงโครงสร้าง จุลภาคของ NKN และ NKN/NiO ที่มีขนาดเกรนและรูปร่างของเกรนที่แตกต่างกัน รวมทั้งใช้ ประกอบการอธิบายสมบัติทางกายภาพของเซรามิกที่เตรียมได้ โดยเริ่มจากการนำชิ้นงานเซรามิกมาทำ ความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 15 นาที เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกให้หลุดออกไปจากผิวชิ้นงาน นำชิ้นงานไปอบในตู้อบด้วยอุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง หักชิ้นงานตัวอย่างให้มีขนาด เล็กกลงแล้วนำไปติดบนแท่งทองเหลือง(stub) ด้วยเทปคาร์บอน โดยจัดให้บริเวณรอยหัก (fracture surface) และผิวหน้าของชิ้นงานวางตัวอยู่ในแนวที่เหมาะสมแก่การตรวจสอบ จากนั้นเคลือบผิวของ ชิ้นงานด้วยทองคำโดยใช้เทคนิค sputtering เป็นเวลานาน 90 วินาที ก่อนที่จะนำไปตรวจสอบด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เพื่อทำการศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานต่อไป

3.6 การตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิก

3.6.1 การตรวจสอบค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ (Relative permittivity, ϵ_r) และค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริก

(Dielectric loss, $\tan \delta$) ที่อุณหภูมิห้อง

ในการทดลองนี้ได้ทำการตรวจสอบค่าสภาพยอมสัมพัทธ์และค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกที่อุณหภูมิห้อง(ประมาณ 25 °C) โดยเริ่มจากนำชิ้นงานตัวอย่างที่ทราบค่าความหนาและเส้นผ่านศูนย์กลางไปทำขั้วไฟฟ้าโดยทาภาวเงินแบบแห้งได้โดยการเผาที่อุณหภูมิแห้งตัวประมาณ 600°C ทั้งสองด้านของชิ้นงาน จากนั้นนำมาขัดบริเวณขอบของชิ้นงานด้วยกระดาษทรายเพื่อป้องกันการลัดวงจรไฟฟ้า จากนั้นนำชิ้นงานมาวัดที่ความถี่ 20 kHz – 2MHz เมื่อได้ข้อมูลค่าความจุไฟฟ้าจากการวิเคราะห์ ให้ทำการคำนวณหาค่าคงที่ไดอิเล็กทริกจากสมการ 3.3 ดังนี้

$$\epsilon_r = \frac{Cd}{\epsilon_0 A} \quad (3.3)$$

เมื่อ ϵ_r คือ สภาพยอมสัมพัทธ์

C คือ ค่าความจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็นฟารัด(F)

d คือ ความหนาของสารไดอิเล็กทริกมีหน่วยเป็นเมตร(m)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของสารไดอิเล็กทริก มีหน่วยเป็นตารางเมตร(m²)

ϵ_0 คือ ค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ของสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 8.854×10^{-12} F/m

3.6.2 การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพยอมสัมพัทธ์เทียบกับอุณหภูมิ

(relative permittivity VS. temperature)

ในการทดลองนี้ได้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพยอมสัมพัทธ์เทียบกับอุณหภูมิ เพื่อให้ทราบถึงช่วงอุณหภูมิที่เซรามิก NKN/Ni-nano เกิดการเปลี่ยนแปลงเฟสองค์ประกอบ โดยเมื่อเซรามิกเปลี่ยนแปลงเฟสองค์ประกอบนั้น ค่าสภาพยอมสัมพัทธ์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและชัดเจนในช่วงอุณหภูมินั้นๆ โดยในการทดลองนี้ได้ตรวจสอบในช่วงของอุณหภูมิตั้งแต่ประมาณ 30°C ไปจนถึง 500°C ด้วยอัตราการขึ้นและลงของอุณหภูมิที่ประมาณ 300°C/ชั่วโมง

3.6.3 การตรวจสอบสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริก (Ferroelectric measurement)

ในงานทดลองนี้ได้ทำการตรวจสอบสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกของเซรามิก NKN/NiO ที่ผ่านการทำขั้วไฟฟ้าด้วยกาวเงิน มาทำการตรวจสอบสมบัติของเฟอร์โรอิเล็กทริกโดยการวิเคราะห์จากวงฮิสเทอรีซิส เพื่อการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้า และโพลาไรเซชันของเซรามิก $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$ อีกทั้งยังได้ทำการศึกษาถึงสภาพคงเหลือของโพลาไรเซชัน (remanent polarization; P_r) และค่าสนามไฟฟ้าคงเหลือของโพลาไรเซชัน (coercive electric field; E_c) เพื่อเป็นแนวทางก่อนการโพลิงเซรามิก ซึ่งจะสามารถประมาณสนามไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถให้แก่งานเซรามิกได้ที่อุณหภูมิต่างๆ เพื่อไม่ให้เกิดการลัดวงจรของกระแสไฟฟ้า (breakdown) ซึ่งเป็นผลให้ชิ้นงานเกิดความเสียหายได้ โดยการศึกษาที่อุณหภูมิ 25 °C โดยเริ่มจากการนำชิ้นทดสอบมาใส่ในชุดทดสอบ จากนั้นทำการจุ่มชุดทดสอบลงในเครื่องควบคุมอุณหภูมิของเหลวซึ่งบรรจุน้ำมันซิลิโคนอยู่ภายใน จากนั้นทำการทดสอบโดยค่อยๆ เพิ่มสนามไฟฟ้าเข้าไป ทำการเก็บข้อมูลพร้อมทั้งจดบันทึกข้อมูลจนครบทุกอุณหภูมิ

3.6.4 การตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric coefficient, d_{33})

ในการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์เพียโซอิเล็กทริกของเซรามิก NKN/NiO สามารถทำได้โดยเริ่มจากการนำชิ้นงานตัวอย่างที่ผ่านการทำขั้วไฟฟ้าโดยใช้กาวเงิน ทาทั้ง 2 หน้าของชิ้นงาน มาทำการโพลลิง (poling) สารเซรามิกเพื่อให้เกิดการจัดเรียงตัวของไดโพลโมเมนต์ และทำให้สารเซรามิกสามารถแสดงพฤติกรรมการเกิดสมบัติเพียโซอิเล็กทริก โดยทำการโพลลิงในซิลิโคนที่ความต่างศักย์ตั้งแต่ 1 - 3 kV/mm ที่อุณหภูมิ 120°C และแช่ทิ้งไว้ที่ความต่างศักย์คงที่นาน 30 นาที โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการโพลลิงแบบขั้นตอน (step poling) ซึ่งมีความแตกต่างจากการโพลลิงแบบปกติตรงที่เงื่อนไขการเพิ่มขึ้นของการโพลลิงทั้งสนามไฟฟ้า และเวลาการแช่ขณะโพลลิง โดยเริ่มจากการนำชิ้นงานตัวอย่างที่ผ่านการเผากาวเงินมาทำการตรวจสอบขอบของชิ้นงาน เพื่อป้องกันการลัดวงจรจากการให้สนามไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์สูงเข้าไป นำชิ้นงานตัวอย่างใส่ในชุดการทดลองซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์จับเม็คตัวอย่าง ลงในเครื่องควบคุมอุณหภูมิของเหลวซึ่งบรรจุน้ำมันซิลิโคนอยู่ภายใน ซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้จนคงที่แล้ว เริ่มทำการโพลลิงโดยการค่อยๆปรับความต่างศักย์เพิ่มขึ้นเป็นขั้นๆ (step poling) ที่ประมาณ 0.5 kV แล้วทิ้งไว้ที่ความต่างศักย์คงที่ประมาณ 10 นาทีก่อนที่จะทำการเพิ่มความต่างศักย์อีกครั้งจนถึงประมาณ 1 kV/mm แล้วจึงทิ้งไว้ที่ความต่างศักย์คงที่นาน 30 นาทีก่อนทำการลดความต่างศักย์ลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเสร็จในขั้นที่ 1 แล้วให้ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงแล้วจึงนำมาวัดค่าสัมประสิทธิ์เพียโซอิเล็กทริกของเซรามิกต่อไป ทำซ้ำขั้นตอนเดิมโดยค่อยๆทำการเพิ่มความต่างศักย์ที่สูงที่สุดขึ้นไปเรื่อยๆ ขั้นตอนละประมาณ 0.5 – 1.0 kV/mm ทำให้ครบจนถึง 3 kV/mm อีกทั้งยังสามารถทำการตรวจสอบสมบัติเพียโซอิเล็กทริกอื่นๆได้อีกตัวอย่างเช่น แฟกเตอร์กลไฟฟ้าคู่ควบ (electromechanical coupling factor, k) ค่าคงที่ความถี่ (frequency constant; N) และค่าสัมประสิทธิ์ความต่างศักย์ (voltage piezoelectric coefficient; g) เป็นต้น