บทที่ 3

การทดลอง

ในบทที่ผ่านมาได้กล่าวถึงกระบวนการสร้างมาตรฐานของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$ คุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้า ผลของสนามแม่เหล็กภายนอกและแบบจำลองโครงสร้างมหภาคของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$ ไปแล้ว สำหรับในบทนี้จะเป็นการศึกษาการพัฒนาคุณสมบัติของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$ (Y123) นั่นคือ การผสม Y_2BaCuO_5 (Y211) ในตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$ โดยจะศึกษาถึงกระบวนการสร้างตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิดนี้ คุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้า รวมถึงผลของอุณหภูมิ Calcination และอุณหภูมิ sintering ในการเผา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณสมบัติของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดให้ดียิ่งขึ้น

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดประกอบด้วย อิทเทรียมออกไซด์ (Y_2O_3) แบเรียมคาร์บอเนต ($BaCO_3$) และคอปเปอร์ออกไซด์ (CuO) โดยมีรายละเอียดของสารดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของสารแต่ละชนิด

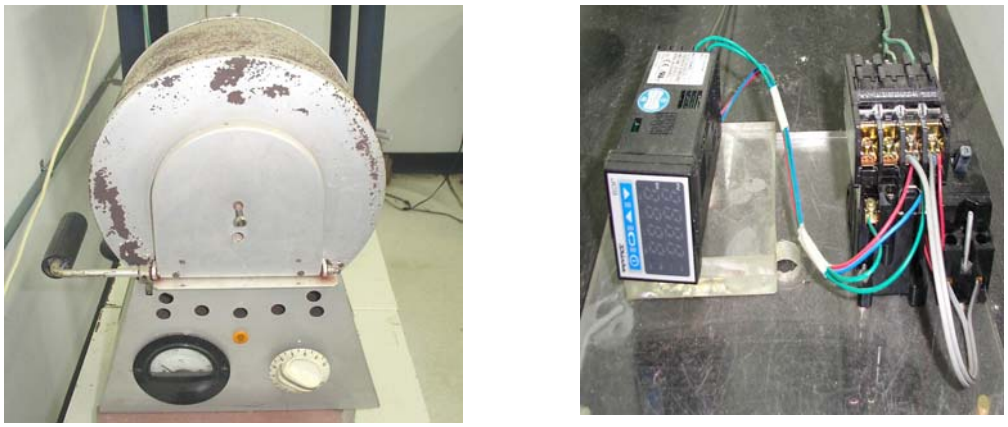
ชื่อสาร	ความบริสุทธิ์ของสาร	มวลโมเลกุล (กรัม)
Y_2O_3	99.99%	225.807 กรัม
$BaCO_3$	99.99%	197.348 กรัม
CuO	99.99%	79.545 กรัม

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมชิ้นสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด

รูปที่ 3.1 อุปกรณ์การเตรียมชิ้นสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด

3.1.3 เตาเผาและชุดควบคุมอุณหภูมิ (Furnance and Temperature control)

เตาเผาที่ใช้ในกระบวนการสร้างตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดเป็นเตาเผาขดลวดความร้อนที่สามารถให้ความร้อนได้จนถึง 1050 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ในส่วนของเครื่องควบคุมอุณหภูมิจะต่อร่วมกับเตาเผาโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิดเค



รูปที่ 3.2 เตาเผาและชุดควบคุมอุณหภูมิ

3.1.4 ชุดบัดกรีอัลตราโซนิค

เป็นชุดที่ใช้บัดกรีขั้วต่อชิ้นสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด โดยที่ตะกั่วบัดกรีจะมีส่วนผสมของอินเดียมซึ่งมีจุดหลอมเหลวต่ำ ในส่วนของชุดบัดกรีอัลตราโซนิคจะมีการสั่นของหัวบัดกรี ซึ่งจะทำให้รอยต่อระหว่างตะกั่วบัดกรีและชิ้นสารมีคุณสมบัติเป็นรอยต่อโอห์มมิก

รูปที่ 3.3 ชุดบัดกรีอัลตราโซนิค

3.1.5 ชุดวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้า

ชุดวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าจะประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายกระแสคงที่ (Constant current source) ซึ่งมี 2 ชุด คือ ชุดที่จ่ายกระแสได้ตั้งแต่ 0-100 mA และชุดที่จ่ายกระแสได้ตั้งแต่ 0-10 A รวมถึงนาโนโวลต์มิเตอร์ (Nanovolt meter) ซึ่งสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้ต่ำถึง 10 nV

รูปที่ 3.4 ชุดวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้า

3.5 การเตรียมผงสารของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$

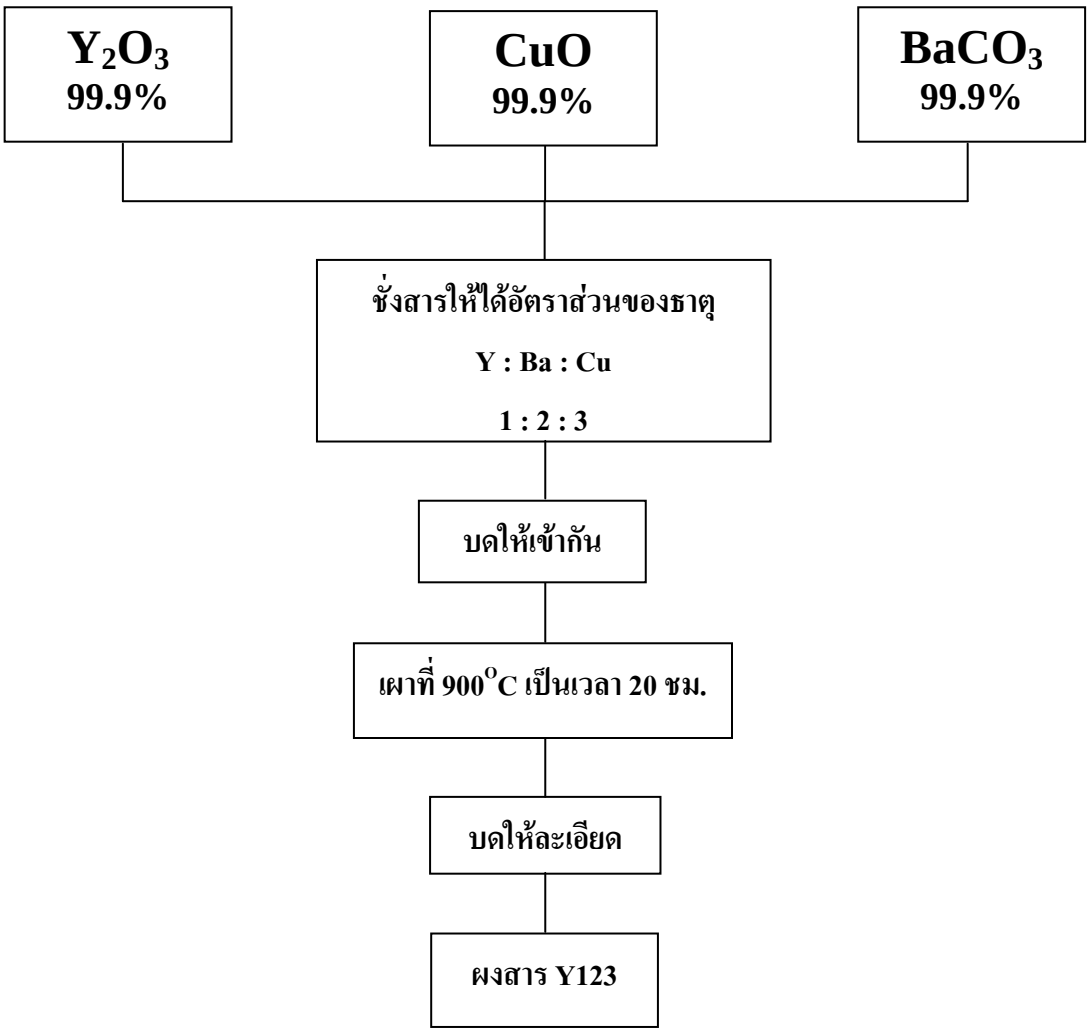
3.2.1 การเตรียมสารเคมีของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$

ในการเตรียมสารเพื่อใช้ในการสร้างตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิดนี้ประกอบด้วยธาตุหลักๆ ดังนี้ อิทเทรียม แบเรียม และทองแดง ซึ่งธาตุเหล่านี้ได้มาจากสารประกอบดังนี้ อิทเทรียมออกไซด์ (Y_2O_3) แบเรียมคาร์บอเนต ($BaCO_3$) และคอปเปอร์ออกไซด์ (CuO) ซึ่งสารแต่ละชนิดมีความบริสุทธิ์ 99.99% จากนั้นนำสารประกอบทั้งสามชนิดมาผสมกันในอัตราส่วนโดยอะตอม Y : Ba : Cu เป็น 1 : 2 : 3

3.2.2 ขั้นตอนกระบวนการเผา

ในขั้นตอนกระบวนการเผาตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดที่จะกล่าวถึงนั้นเป็นกระบวนการเผามาตรฐานของห้องวิจัยตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด ซึ่งมีกระบวนการเผาดังนี้

1. ชั่งสารประกอบ Y_2O_3 , $BaCO_3$ และ CuO โดยใช้อัตราส่วน Y : Ba : Cu เป็น 1 : 2 : 3
2. นำสารประกอบทั้งสามชนิดมาบดให้เข้ากัน โดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง
3. นำสารที่ได้ตักใส่ถ้วยทนความร้อน นำไปเผาที่อุณหภูมิ Calcination $900^{O}C$ ใช้เวลาในการเผา 20 ชั่วโมง
4. นำสารที่ได้จากการเผามาแยกส่วนที่เป็นสีเขียวทิ้งไป จากนั้นนำส่วนที่เป็นสีดำมาบดให้ละเอียดเป็นผง
5. ได้ผงสาร $YBa_2Cu_3O_{7-X}$



รูปที่ 3.5 กระบวนการเตรียมผงสารของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$ (Y123)

3.3 กระบวนการสร้างตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211)

3.3.1 การทดลองผลของอุณหภูมิ Calcination ที่มีผลต่อค่ากระแสวิกฤตของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211)

3.3.1.1 การเตรียมสารเคมีของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด Y_2BaCuO_5

ในการเตรียมสารเพื่อใช้ในการสร้างตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิดนี้ประกอบด้วยธาตุหลักๆ ดังนี้ อิทเทรียม แบเรียม และทองแดง ซึ่งธาตุเหล่านี้ได้มาจากสารประกอบดังนี้ อิทเทรียมออกไซด์ (Y_2O_3) แบเรียมคาร์บอเนต ($BaCO_3$) และคอปเปอร์ออกไซด์ (CuO) ซึ่งสารแต่ละชนิดมีความบริสุทธิ์

ปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบทั้ง 3 เขียนสมการได้ดังนี้

$$Y_2O_3 + BaCO_3 + CuO \longrightarrow Y_2BaCuO_5 + CO_2 \qquad (3.1)$$

จากตารางธาตุจะได้มวลอะตอมของธาตุต่างๆ ดังนี้ Y = 88.905 กรัม, Ba = 137.34 กรัม
Cu = 63.546 กรัม, C = 12.011 กรัม, O = 15.99 กรัม
มวลของสารประกอบตั้งต้นคือ

$Y_2O_3 = (2\times88.905) + (3\times15.99) = 225.807$ กรัม/โมล

$BaCO_3 = 137.34 + 12.011 + (3\times15.99) = 197.348$ กรัม/โมล

$CuO = 63.546 + 15.99 = 79.545$ กรัม/โมล

การคำนวณจากสมการเคมี

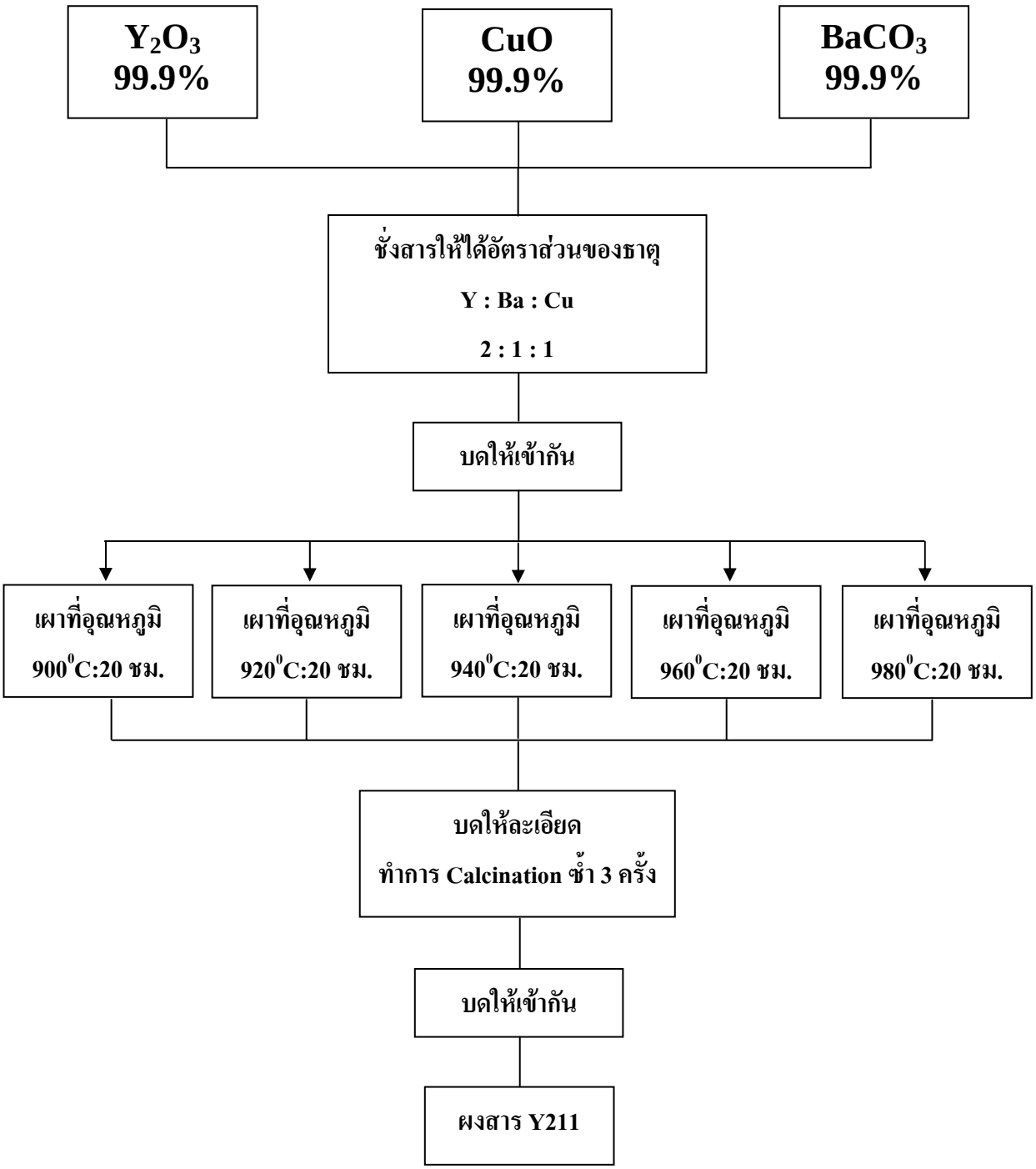
1) Y_2O_3 1 โมล ต้องเตรียมสาร = 225.807 กรัม
ถ้า 1 โมล ต้องเตรียมสาร = 225.807 กรัม
2) $BaCO_3$ 1 โมล ต้องเตรียมสาร = 197.348 กรัม
ถ้า 1 โมล ต้องเตรียมสาร = 197.348 กรัม
3) CuO 1 โมล ต้องเตรียมสาร = 79.545 กรัม
ถ้า 1 โมล ต้องเตรียมสาร = 79.545 กรัม

มวลโมเลกุลของสารตั้งต้นทั้งหมด = 225.807 + 197.348+79.545 = 502.7 กรัม
ซึ่งหมายความว่าจะได้สาร Y_2BaCuO_5= 502.7 กรัม
จากสารตั้งต้นทั้งหมด 502.7 กรัม ถ้าต้องการ Y_2BaCuO_5ปริมาณ 10 กรัม ต้องใช้ อิทเทรียมออกไซด์ 4.492 กรัม แบเรียมคาร์บอเนต 3.926 กรัม และคอปเปอร์ออกไซด์ 1.582 กรัม

3.3.1.2 ขั้นตอนกระบวนการเผา ซึ่งมีกระบวนการเผาดังนี้

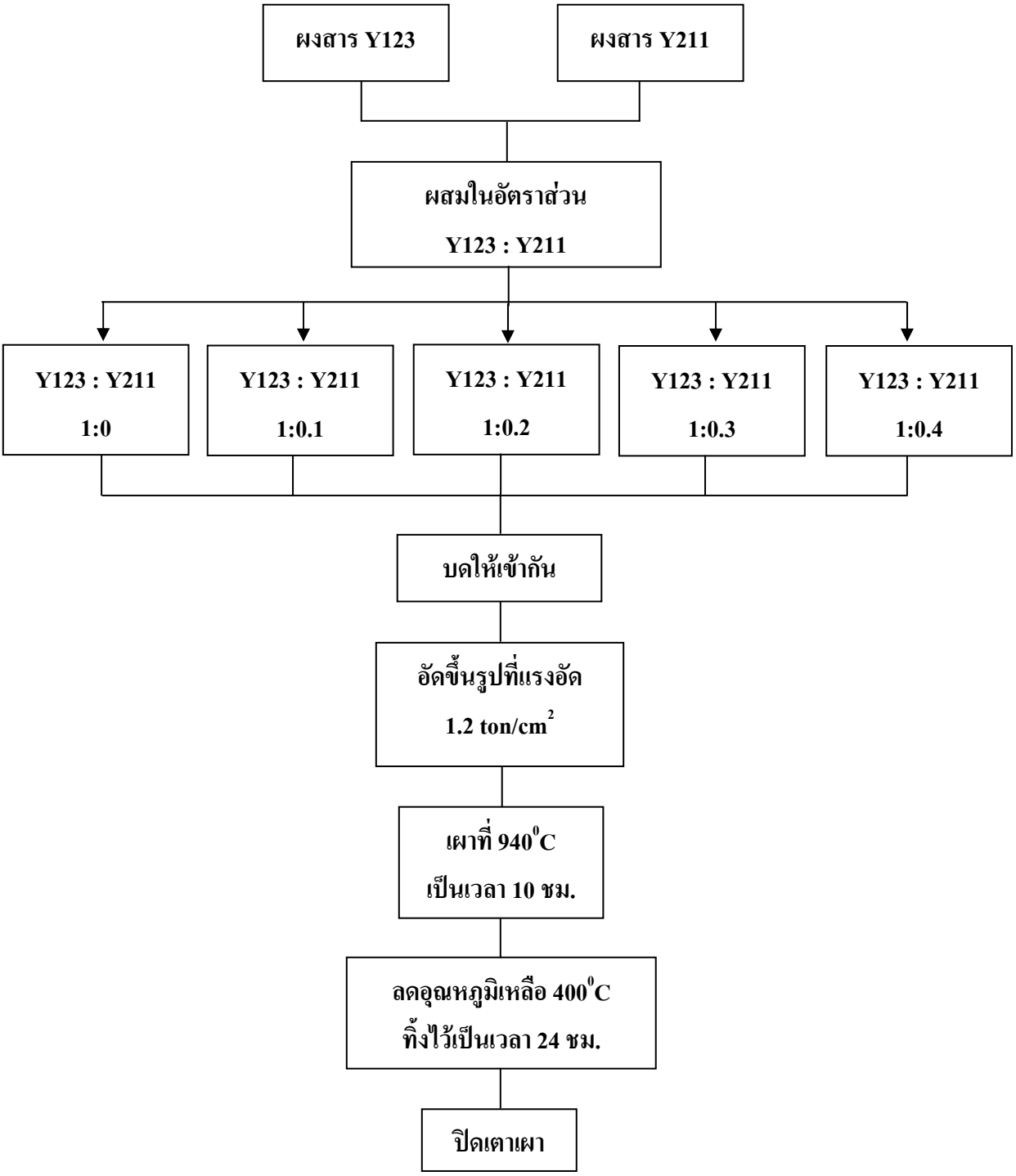
1. ชั่งสารประกอบ Y_2O_3 , $BaCO_3$ และ CuO โดยใช้อัตราส่วน Y : Ba : Cu เป็น 2 : 1 : 1
2. นำสารประกอบทั้งสามชนิดมาบดให้เข้ากัน โดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง
3. นำสารที่ได้ตักใส่ถ้วยทนความร้อน นำไปเผาที่อุณหภูมิ Calcination ต่างๆ ดังนี้ $900^{O}C$, $920^{O}C$, $940^{O}C$, $960^{O}C$, $980^{O}C$ ใช้เวลาในการเผา 20 ชั่วโมง

4. นำสารที่ได้จากการเผาที่เป็นสีเขียวมาบดให้ละเอียด
5. ทำซ้ำตามขั้นตอน 3 และ 4 อีก 3 ครั้ง
6. ได้ผงสาร Y_2BaCuO_5



รูปที่ 3.6 กระบวนการเตรียมผงสารของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด Y_2BaCuO_5 (Y123) ที่อุณหภูมิ Calcination ต่างๆ (900^OC, 920^OC, 940^OC, 960^OC, 980^OC)

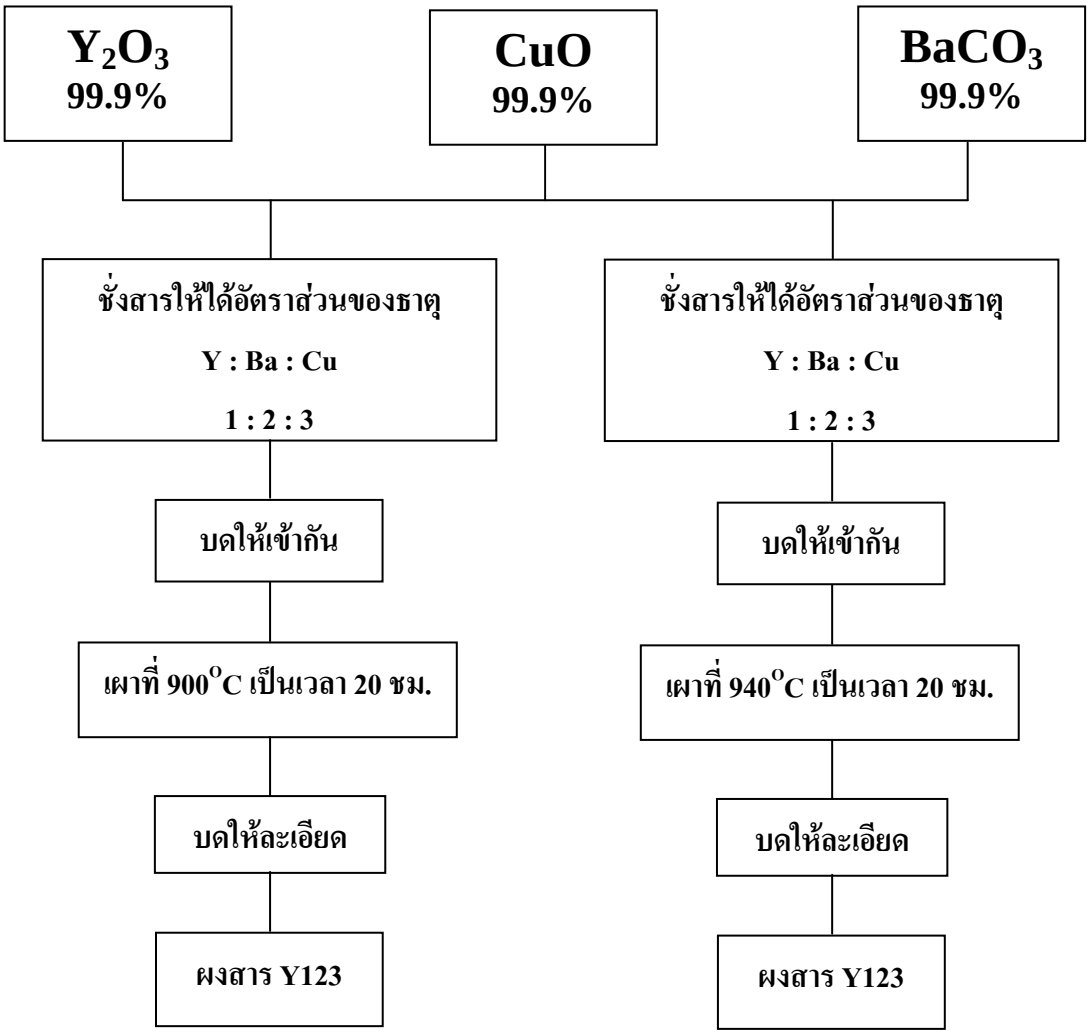
3.3.1.3 กระบวนการสร้างตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211) ที่อัตราส่วนต่างๆ



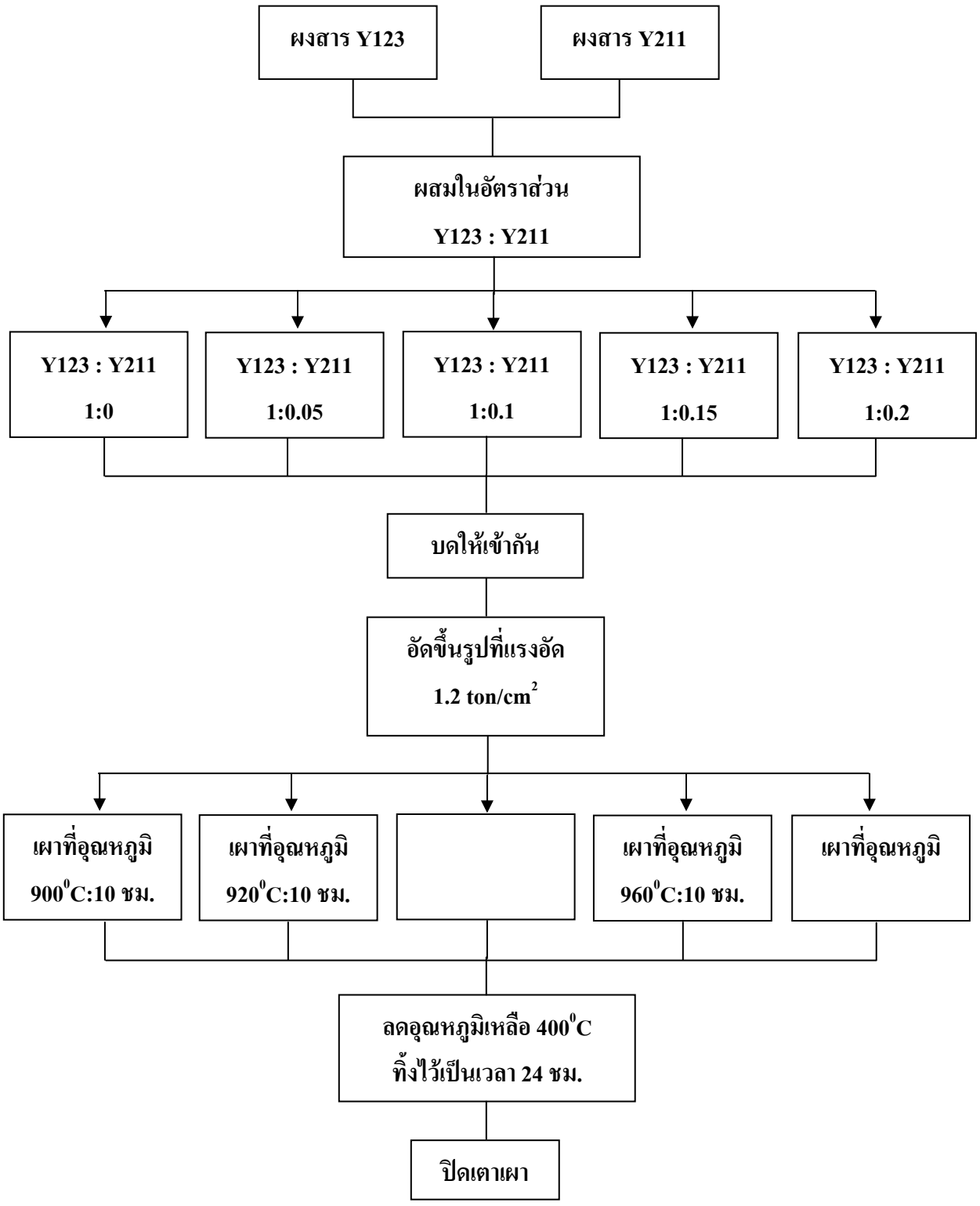
รูปที่ 3.7 กระบวนการสร้างตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211) ที่อัตราส่วนต่างๆ

กระบวนการสร้างตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211) มีขั้นตอนกระบวนการสร้างดังรูปที่ 3.7 โดยเริ่มจากการนำผงสาร Y123 และ ผงสาร Y211 มาผสมในอัตราส่วน Y123 : Y211 (g) 1:0 , 1:0.1 , 1:0.2 , 1:0.3 , 1:0.4 ตามลำดับ บดให้เข้ากัน อัดขึ้นรูปที่แรงอัด 1.2 ton/cm^2 ต่อมานำชิ้นสารไปเผาที่อุณหภูมิ Sintering 940^{0}C เป็นเวลา 10 ชม. ลดอุณหภูมิเหลือ 400^{0}C ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชม.ปิดเตาเผา

3.3.2 การทดลองผลของอุณหภูมิ Sintering ที่มีผลต่อค่ากระแสวิกฤตของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211)



รูปที่ 3.8 กระบวนการเตรียมผงสารของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด Y_2BaCuO_5 (Y123) ที่อุณหภูมิ Sintering ต่างๆ (900^{O}C, 920^{O}C, 940^{O}C, 960^{O}C, 980^{O}C)


ผงสาร Y123
ผงสาร Y211
ผสมในอัตราส่วน
Y123 : Y211
Y123 : Y211
1:0
Y123 : Y211
1:0.05
Y123 : Y211
1:0.1
Y123 : Y211
1:0.15
Y123 : Y211
1:0.2
บดให้เข้ากัน
อัดขึ้นรูปที่แรงอัด
1.2 ton/cm2
เผาที่อุณหภูมิ
900°C:10 ชม.
เผาที่อุณหภูมิ
920°C:10 ชม.
เผาที่อุณหภูมิ
960°C:10 ชม.
เผาที่อุณหภูมิ
ลดอุณหภูมิเหลือ 400°C
ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชม.
ปิดเตาเผา

รูปที่ 3.8 (ต่อ)

กระบวนการสร้างตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211) มีขั้นตอนกระบวนการสร้างดังรูปที่ 3.8 โดยเริ่มจาก

1. การเตรียมผงสาร Y123

1.1 ชั่งสารประกอบ Y_2O_3 , $BaCO_3$ และ CuO โดยใช้อัตราส่วน Y : Ba : Cu เป็น 1 : 2 : 3

1.2 นำสารประกอบทั้งสามชนิดมาบดให้เข้ากัน โดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

1.3 นำสารที่ได้ตักใส่ถ้วยทนความร้อน นำไปเผาที่อุณหภูมิ Calcination $900^{O}C$ ใช้เวลาในการเผา 20 ชั่วโมง

1.4 นำสารที่ได้จากการเผามาแยกส่วนที่เป็นสีเขียวทิ้งไป จากนั้นนำส่วนที่เป็นสีดำมาบดให้ละเอียดเป็นผง

1.5 ได้ผงสาร $YBa_2Cu_3O_{7-X}$

2. การเตรียมผงสาร Y211

2.1 ชั่งสารประกอบ Y_2O_3 , $BaCO_3$ และ CuO โดยใช้อัตราส่วน Y : Ba : Cu เป็น 2 : 1 : 1

2.2 นำสารประกอบทั้งสามชนิดมาบดให้เข้ากัน โดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

2.3 นำสารที่ได้ตักใส่ถ้วยทนความร้อน นำไปเผาที่อุณหภูมิ Calcination ต่างๆ ดังนี้ $940^{O}C$ ใช้เวลาในการเผา 20 ชั่วโมง

2.4 นำสารที่ได้จากการเผาที่เป็นสีเขียวมาบดให้ละเอียด

2.5 ทำซ้ำตามขั้นตอน 3 และ 4 อีก 3 ครั้ง

2.6 ได้ผงสาร Y_2BaCuO_5

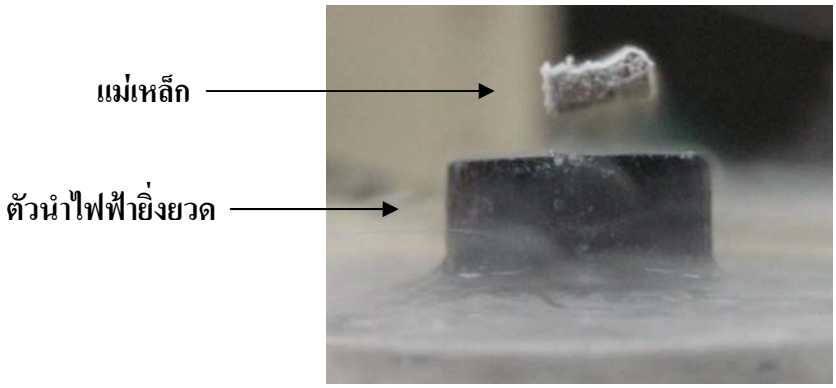
3. กระบวนการสร้างตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211)

นำผงสาร Y123 และ ผงสาร Y211 ที่ได้มาผสมในอัตราส่วน Y123 : Y211 (g) 1:0 , 1:0.05 , 1:0.1 , 1:0.15 , 1:0.2 ตามลำดับ บดให้เข้ากัน อัดขึ้นรูปที่แรงอัด 1.2 ton/cm^2 นำไปเผาที่อุณหภูมิ Sintering ต่างๆ $900^{O}C$, $920^{O}C$, $940^{O}C$, $960^{O}C$, $980^{O}C$ ใช้เวลาในการเผา 10 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิเหลือ $400^{O}C$ ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชม.ปิดเตาเผา

3.4 การวัดคุณสมบัติต่างๆของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211)

3.4.1 ปรากฏการณ์ไมเนอร์ (Meissner Effect)

หัวข้อนี้จะเป็นการนำเอาเม็ดสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดที่ผ่านกระบวนการสร้างที่อุณหภูมิ Calcination 940°C และอุณหภูมิ Sintering 940°C ที่อัตราส่วน $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211) 1:0 , 1:0.1 , 1:0.2 , 1:0.3 มาทดสอบปรากฏการณ์ไมส์เนอร์ โดยการนำเม็ดสารที่ผ่านกระบวนการสร้างมาลดอุณหภูมิลงโดยการแช่ในไนโตรเจนเหลว วัดระยะการลอยตัวของปรากฏการณ์ไมส์เนอร์ บันทึกผล

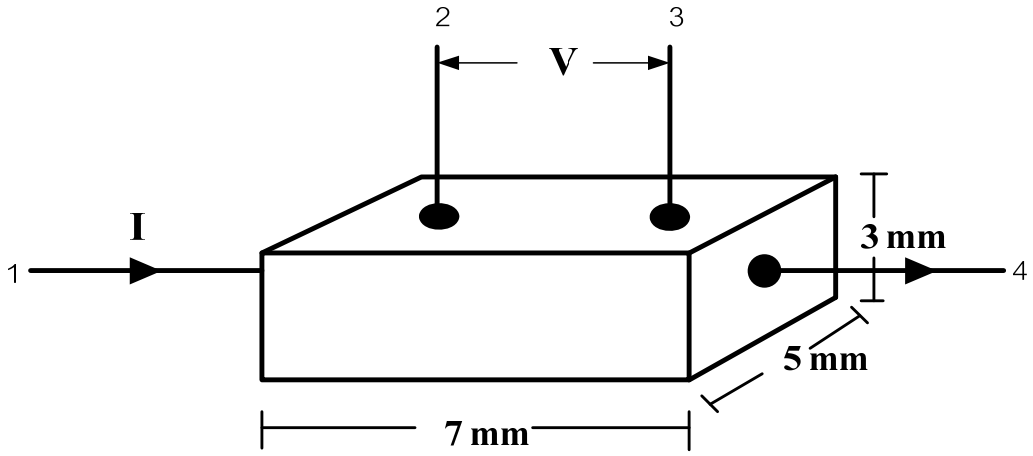


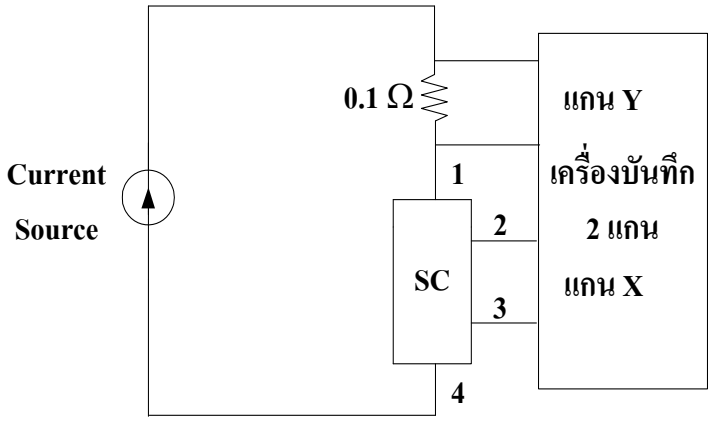
รูปที่ 3.9 การทดสอบปรากฏการณ์ไมส์เนอร์

3.4.2 การวัดค่ากระแสวิกฤต

ต่อไปจะเป็นการทดลองวัดค่ากระแสวิกฤตของชิ้นสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด โดยใช้วงจรดังรูป 3.11 ซึ่งประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายกระแสคงที่ปรับค่าได้ (Constant Current Source) ทำการจ่ายกระแสผ่านตัวต้านทาน 0.1 Ω ไปยังชิ้นสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด จากนั้นทำการวัดความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าโดยใช้เครื่องบันทึกสองแกน (X-Y Recorder) สำหรับขั้ว 2-3 นั้น จะเป็นขั้วที่ใช้วัดแรงดันตกคร่อมชิ้นสารซึ่งต่อเข้ากับแกน X ของเครื่องบันทึกสองแกน ส่วนแกน Y จะใช้สำหรับวัดปริมาณกระแสที่ป้อนให้กับชิ้นสารโดยจะวัดในรูปของแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน 0.1 Ω จากนั้นจึงนำมาคิดในรูปของกระแสอีกครั้งหนึ่ง

สำหรับเม็ดสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดก่อนที่จะนำมาทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า จะต้องผ่านการตัดแต่งเม็ดสารให้มีรูปทรงดังรูป 3.10 และในการทดลองชิ้นสารจะอยู่ในไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ 77 เคลวิน ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤต (93 เคลวิน)





3.5 การทดลองผลของสนามแม่เหล็กภายนอกที่มีต่อค่ากระแสวิกฤตของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211)

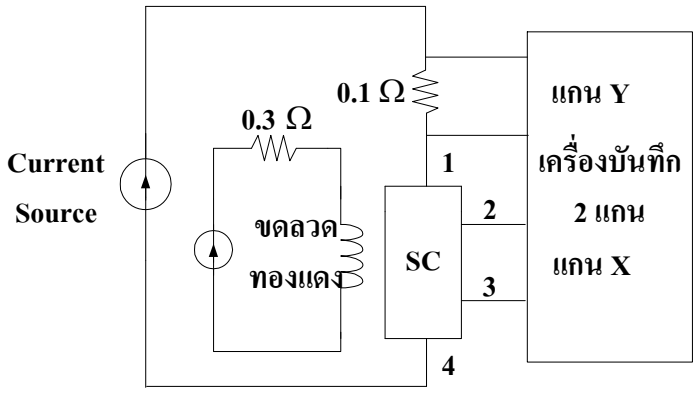
ในหัวข้อนี้จะเป็นการนำเอาเม็ดสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดที่ผ่านกระบวนการสร้างที่อุณหภูมิ Calcination 900°C และอุณหภูมิ Sintering 900°C ที่อัตราส่วน $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211) 1:0 (พื้นฐาน) และกระบวนการสร้างที่อุณหภูมิ Calcination 940°C และอุณหภูมิ Sintering 940°C ที่อัตราส่วน $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211) 1:0 , 1:0.5 , 1:0.1 , 1:0.15 , 1:0.2 มาทดลองเพื่อดูผลของสนามแม่เหล็กภายนอกว่ามีผลต่อค่ากระแสวิกฤต วงจรที่ใช้ในการทดลองจะแสดงดังรูปที่ 3.12

ในการทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1) นำชิ้นสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดมาต่อเข้ากับวงจรในรูปที่ 3.12 เพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 77 เคลวิน ในไนโตรเจนเหลวในขณะที่ไม่ได้รับอิทธิพลของสนามแม่เหล็กภายนอกเลย (B = 0 G) บันทึกผลการทดลอง

2) ให้สนามแม่เหล็กภายนอกที่มีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กแก่ชิ้นสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด โดยที่สนามแม่เหล็กแต่ละค่าจะทำการวัดความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าบันทึกผลการทดลอง

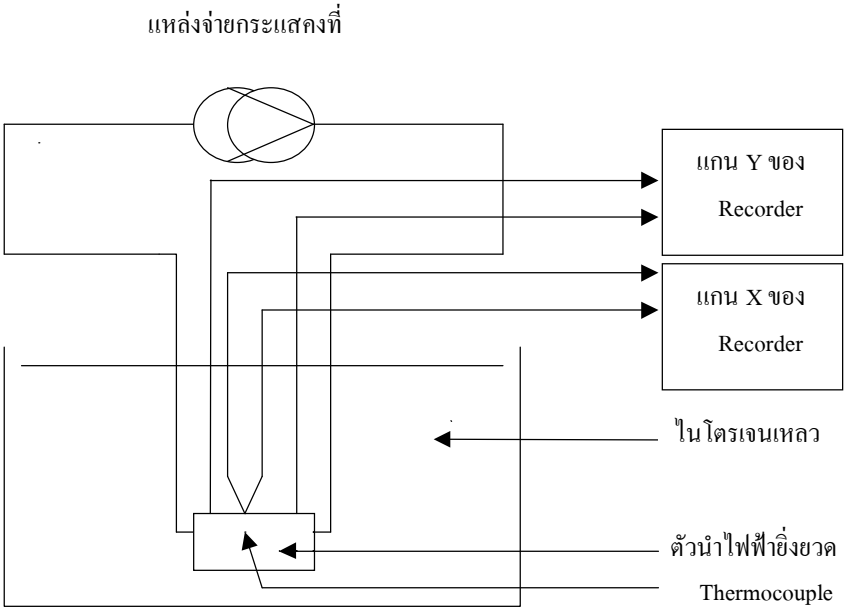
3) ให้สนามแม่เหล็กภายนอกที่มีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กแก่ชิ้นสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดมากขึ้น จนค่ากระแสวิกฤตเป็นศูนย์ โดยที่สนามแม่เหล็กแต่ละค่าจะทำการวัดความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้า บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 3.12 วงจรที่ใช้ทดลองวัดความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีสนามแม่เหล็กภายนอกมากระทำ

3.6 การวัดอุณหภูมิวิกฤตของตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดชนิด $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211)

ในการวัดอุณหภูมิวิกฤตนั้นค่าอุณหภูมิวิกฤตเป็นสมบัติเฉพาะของสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดแต่ละชนิด ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการศึกษาตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดอุณหภูมิสูง ในการวัดอุณหภูมิวิกฤตจะใช้วงจรดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 วงจรวัดอุณหภูมิวิกฤตของสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด

ในการวัดนี้จะนำชิ้นสารมาปรับแต่งแล้วบัดกรีเป็นแบบ Four-Point Probe โดยขั้วที่ 1 และ 4 ได้รับการป้อนกระแสค่าหนึ่งจากแหล่งจ่ายกระแสคงที่ ส่วนในขั้ว 2 และ 3 นั้นถูกต่อเข้าแกน Y เพื่อแสดงค่าแรงดันที่เปลี่ยนแปลงไป ขณะที่ทำการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิให้กับชิ้นสาร ส่วนเทอร์โมคับเปิลถูกวางให้สัมผัสกับผิวของชิ้นสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโดยสัญญาณ ซึ่งแรงดันจะต่อเข้าที่แกน X จากนั้นนำเอาชิ้นสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดและเทอร์โมคัปเปิลค่อย ๆ จุ่มลงในไนโตรเจนเหลว เพื่อลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องลงไปยังอุณหภูมิที่จุดเดือดของไนโตรเจนเหลว

เมื่อชิ้นสารอยู่ที่อุณหภูมิห้องจะเกิดแรงดันตกคร่อมชิ้นสารค่าหนึ่งเหมือนเป็นตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดทั่วๆ ไป มีค่าความต้านทานค่าหนึ่ง แต่เมื่อนำชิ้นสารไปทำการลดอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิ

ในหัวข้อนี้จะเป็นการนำเอาเม็ดสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดที่ผ่านกระบวนการสร้างที่อุณหภูมิ Calcination 900°C และอุณหภูมิ Sintering 900°C ที่อัตราส่วน $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211) 1:0 (พื้นฐาน) และกระบวนการสร้างที่อุณหภูมิ Calcination 940°C และอุณหภูมิ Sintering 940°C ที่อัตราส่วน $YBa_2Cu_3O_{7-X}$: Y_2BaCuO_5 (Y123 : Y211) 1:0 , 1:0.5 , 1:0.1 , 1:0.15 , 1:0.2 ทดลองวัดอุณหภูมิวิกฤต โดยใช้วงจรดังรูปที่ 3.13 บันทึกผล