บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ผสมเลดออกไซด์ (PbO) กับติตาเนียมออกไซด์ (TiO_2) ในอัตราส่วน 1 : 1 โมล เพื่อศึกษาการฟอร์มตัวเป็นเลดติตาเนต ($PbTiO_3$) จาก diffraction pattern

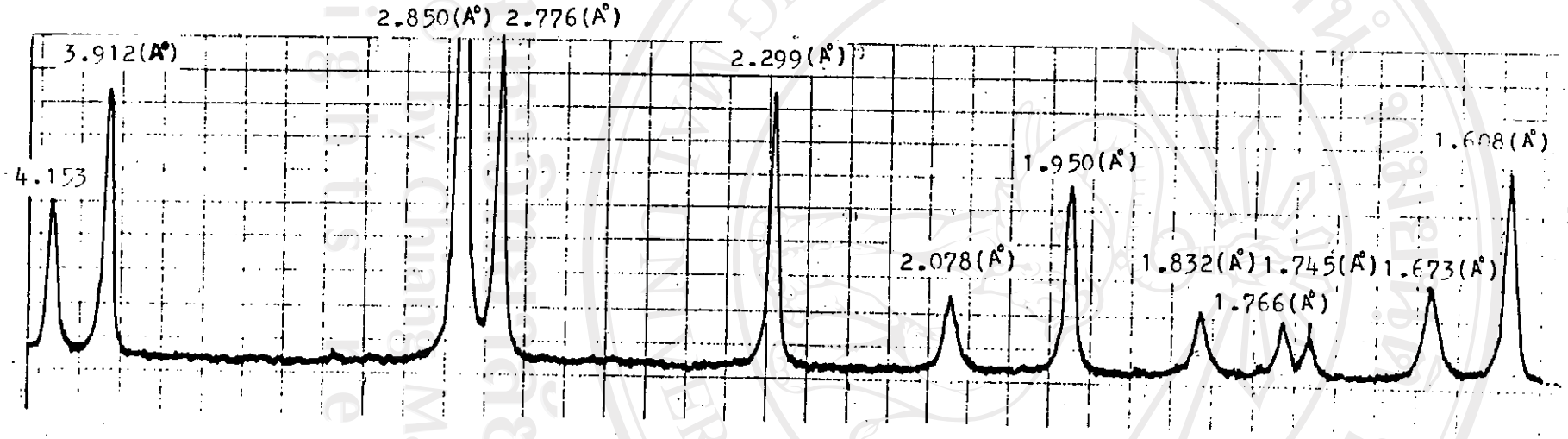
4.1 ผลการตรวจสอบสารตัวอย่าง โดยวิธี x-ray diffraction

นำสารผสมระหว่างเลดออกไซด์ (PbO) กับติตาเนียมออกไซด์ (TiO_2) ในอัตราส่วน 1 : 1 โมล ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ที่ 800 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1170 องศาเซลเซียส นานเป็นเวลาต่างกัน (1-2.5 ชั่วโมง) โดยใช้ความดันในการขึ้นรูปสารตัวอย่างต่างกัน (1-3 ตัน) นำสารตัวอย่างที่ได้ไปตรวจสอบโดยใช้เครื่อง x-ray diffractometer ได้ diffraction pattern ดังรูปที่ 4.1-4.3 นำค่ามุม diffraction ไปคำนวณหาค่า d-spacing โดยใช้กฎของ Bragg ดังสมการที่ 3.1 คือ

$$d = \lambda/(2 \sin \theta)$$

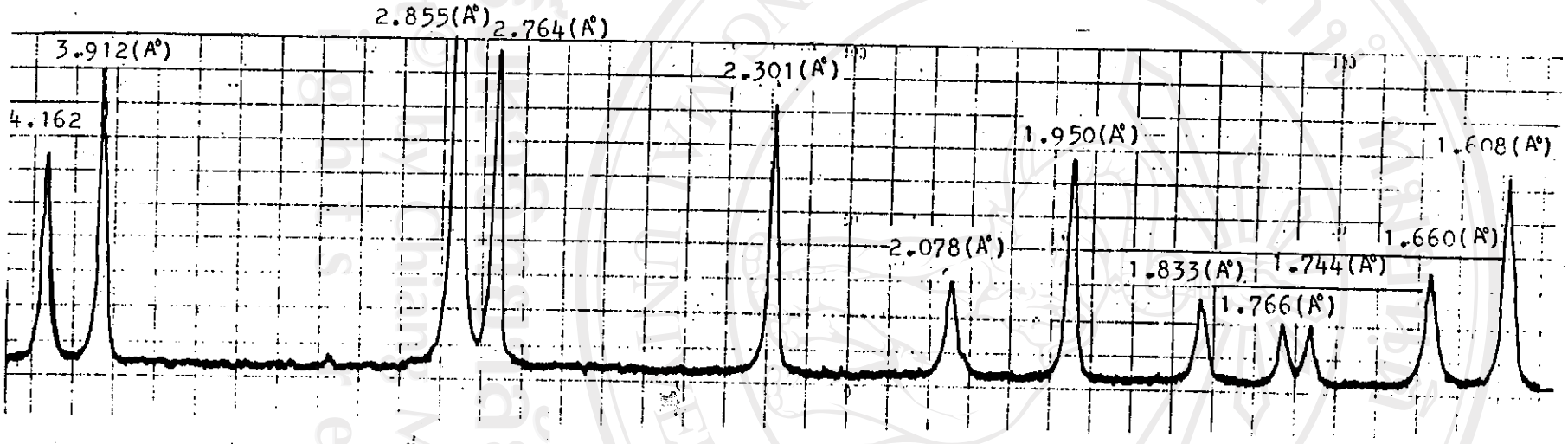
แล้วนำไปเทียบค่า d-spacing จากบัตร A.S.T.M.[6] ได้ผลดังตารางที่ 4.1 - 4.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



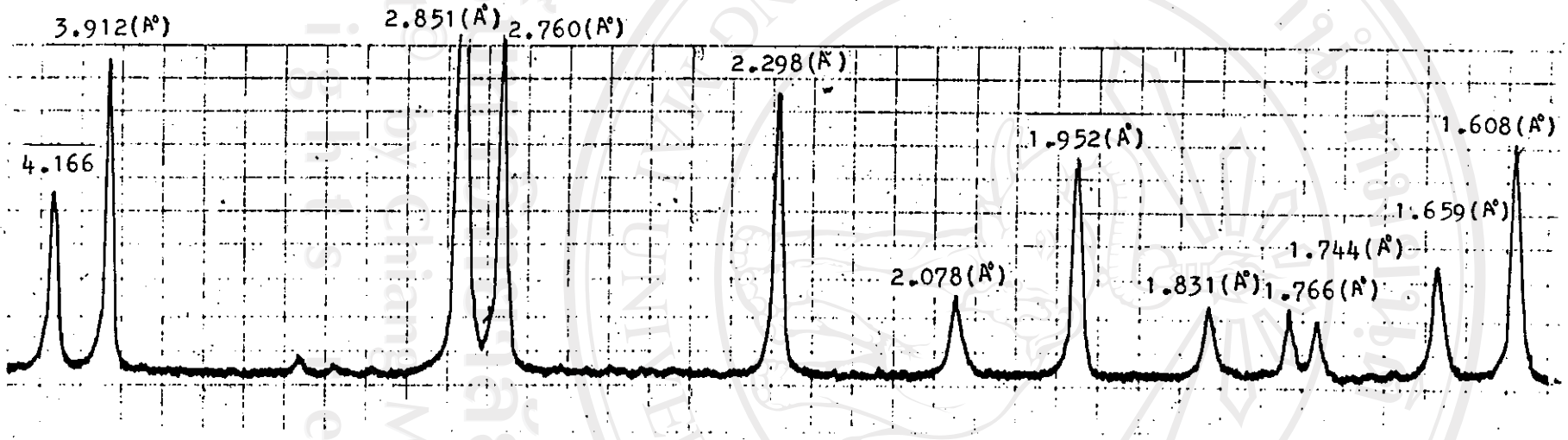
รูปที่ 4.1 แสดง diffraction pattern ของสารผสมระหว่าง PbO กับ TiO_2 ในอัตรา 1 : 1 โมล แรงดันในการขึ้นรูป 1.5 ตัน ซินเตอร์ที่ 1170°C นาน 1 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.2 แสดง diffraction pattern ของสารผสมระหว่าง PbO กับ TiO_2 ในอัตรา 1 : 1 โมล แรงดันในการขึ้นรูป 2 ตัน ซินเตอร์ที่ 1170°C นาน 1 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.3 แสดง diffraction pattern ของสารผสมระหว่าง PbO กับ TiO_2 ในอัตรา 1 : 1 โมล แรงดันในการขึ้นรูป 2.5 ตัน ซินเตอร์ที่ 1170°C นาน 1 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบ d-spacing ระหว่าง $PbTiO_3$ จากบัตร A.S.T.M. กับ d-spacing ของสารที่เตรียมจาก PbO กับ TiO_2 ด้วยอัตราส่วน 1 : 1 โมล แรงดันที่ขึ้นรูป 1.5 ตัน ซินเตอร์ที่ 1170°C นาน 1 ชั่วโมง

line No.	A.S.T.M.		measurement	
	I/I_o	d(°A)	d (°A)	I/I_o
1	25	4.150	4.153	25
2	50	3.900	3.912	50
3	100	2.842	2.850	100
4	55	2.758	2.776	55
5	40	2.297	2.299	40
6	16	2.076	2.078	16
7	30	1.950	1.950	30
8	14	1.833	1.832	14
9	10	1.765	1.766	10
10	12	1.744	1.745	12
11	20	1.658	1.673	20
12	40	1.607	1.608	40

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบ d-spacing ระหว่าง $PbTiO_3$ จากบัตร A.S.T.M. กับ d-spacing ของสารที่เตรียมจาก PbO กับ TiO_2 ด้วยอัตราส่วน 1 : 1 โมล แรงดันที่ขึ้นรูป 2 ตัน ซินเตอร์ที่ 1170°C นาน 1 ชั่วโมง

line No.	A.S.T.M.		measurement	
	I/I_o	d(°A)	d (°A)	I/I_o
1	25	4.150	4.162	25
2	50	3.900	3.912	50
3	100	2.842	2.855	100
4	55	2.758	2.764	55
5	40	2.297	2.301	40
6	16	2.076	2.078	16
7	30	1.950	1.950	40
8	14	1.833	1.833	14
9	10	1.765	1.766	12
10	12	1.744	1.744	12
11	20	1.658	1.660	20
12	40	1.607	1.608	38

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบ d-spacing ระหว่าง $PbTiO_3$ จากบัตร A.S.T.M. กับ d-spacing ของสารที่เตรียมจาก PbO กับ TiO_2 ด้วยอัตราส่วน 1 : 1 โมล แรงดันที่ขึ้นรูป 2.5 ตัน ซินเตอร์ที่ 1170°C นาน 1 ชั่วโมง

line No.	A.S.T.M.		measurement	
	I/I_o	d(°A)	(°A)	I/I_o
1	25	4.150	4.166	25
2	50	3.900	3.912	50
3	100	2.842	2.851	100
4	55	2.758	2.760	55
5	40	2.297	2.298	40
6	16	2.076	2.078	14
7	30	1.950	1.952	33
8	14	1.833	1.831	14
9	10	1.765	1.766	10
10	12	1.744	1.744	13
11	20	1.658	1.659	20
12	40	1.607	1.608	35

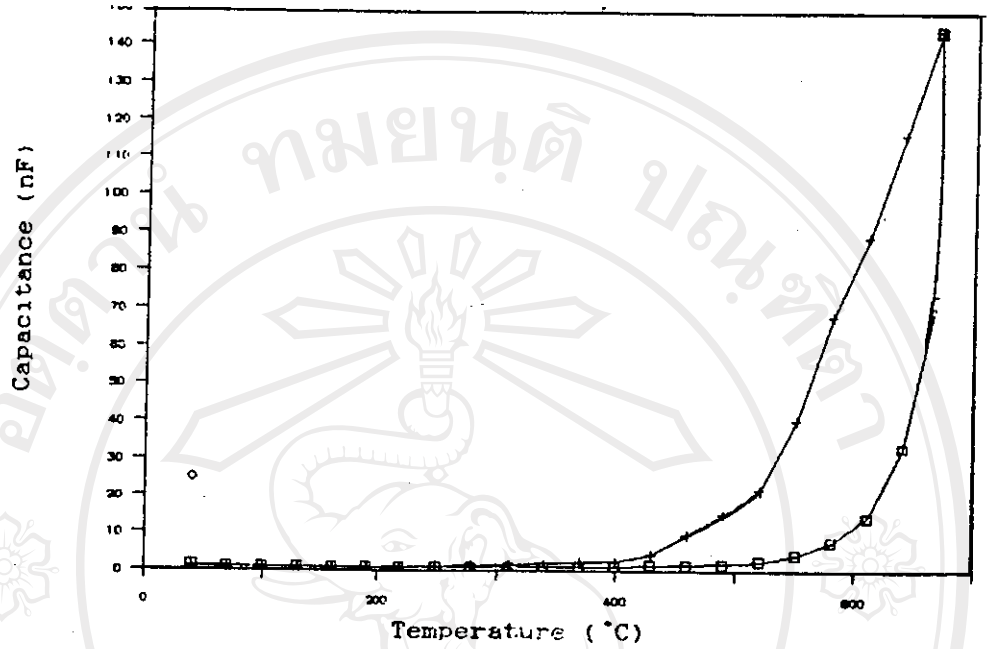
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริก กับอุณหภูมิ

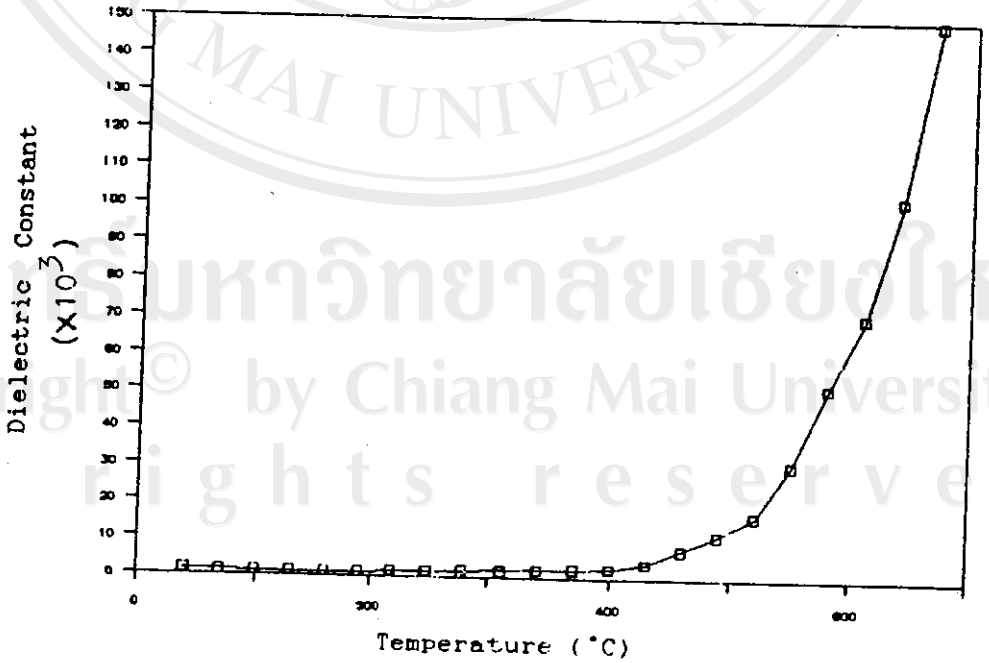
เมื่อนำสารตัวอย่างที่เตรียมได้ มาทำเป็นตัวเก็บประจุแล้ววัดค่าความจุไฟฟ้า โดยใช้ Capacitance meter ที่มีความถี่ 303 เฮิรตซ์ โดยวัดในช่วงอุณหภูมิ 40 - 670 องศาเซลเซียส แล้วคำนวณหาค่าคงที่ไดอิเลคตริก ได้จากสมการที่ (3.2) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังแสดงตามตารางที่ ผ.1 ถึงตารางที่ ผ.24 ในหน้า

นำค่าความจุไฟฟ้าของ Sample ในช่วงเพิ่ม-ลดอุณหภูมิและค่าคงที่ไดอิเลคตริกไปเขียนกราฟกับอุณหภูมิจะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความจุไฟฟ้า และค่า ค่าคงที่ไดอิเลคตริก กับอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ถึงรูปที่ 4.21

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

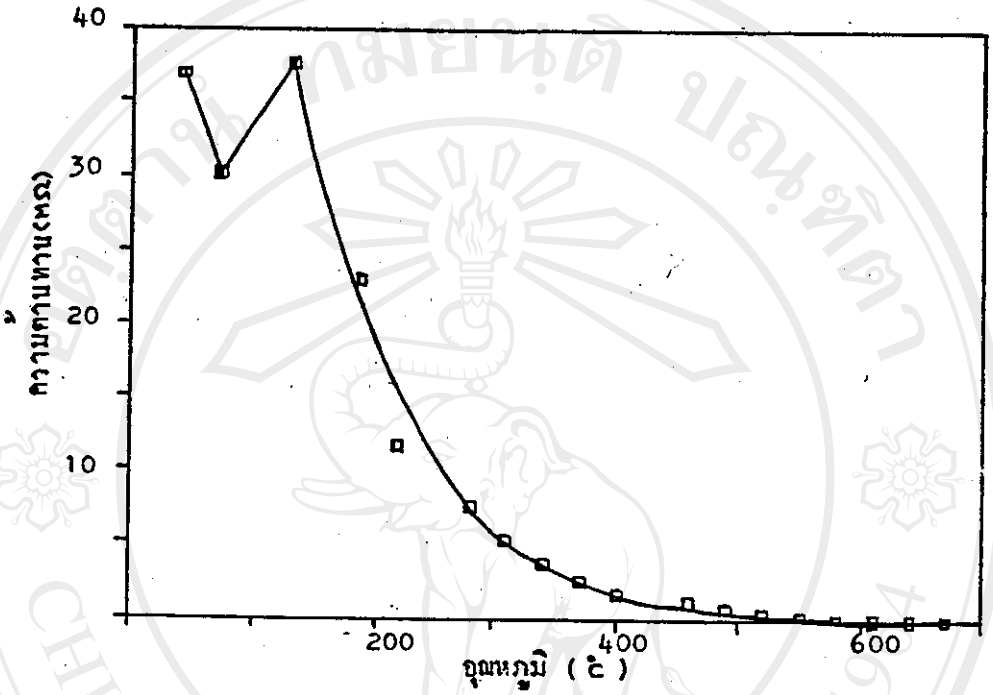


รูปที่ 4.4 กราฟระหว่างความจุไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ(▫), ลดอุณหภูมิ(+) ของ $PbTiO_3$, T = 1170 °C, t = 1 ชั่วโมง, P = 2,000 kg/cm²

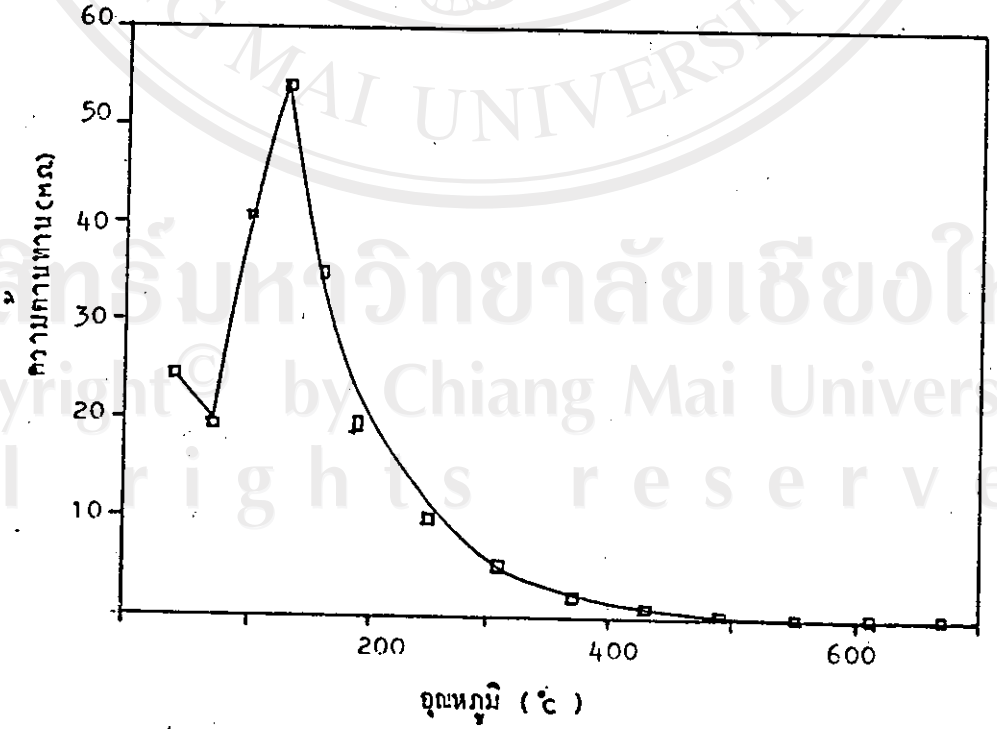


รูปที่ 4.5 กราฟระหว่าง Dielectric Constant กับอุณหภูมิ ของ $PbTiO_3$, T = 1170 °C, t = 1 ชั่วโมง, P = 2,000 kg/cm²

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

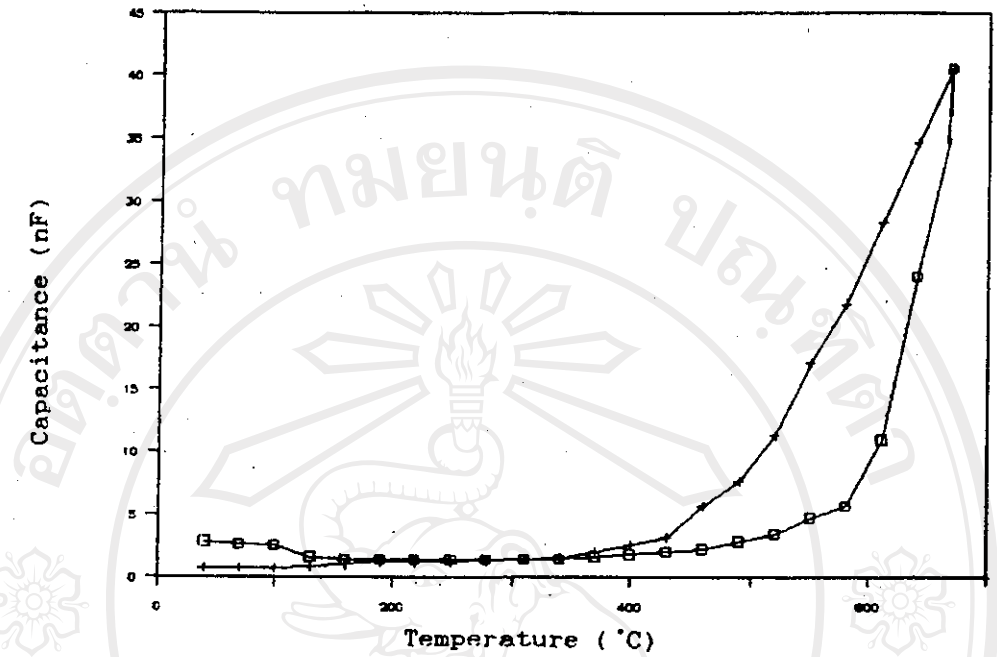


รูปที่ 4.6 กราฟระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทานของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, P = 2,000 kg/cm²

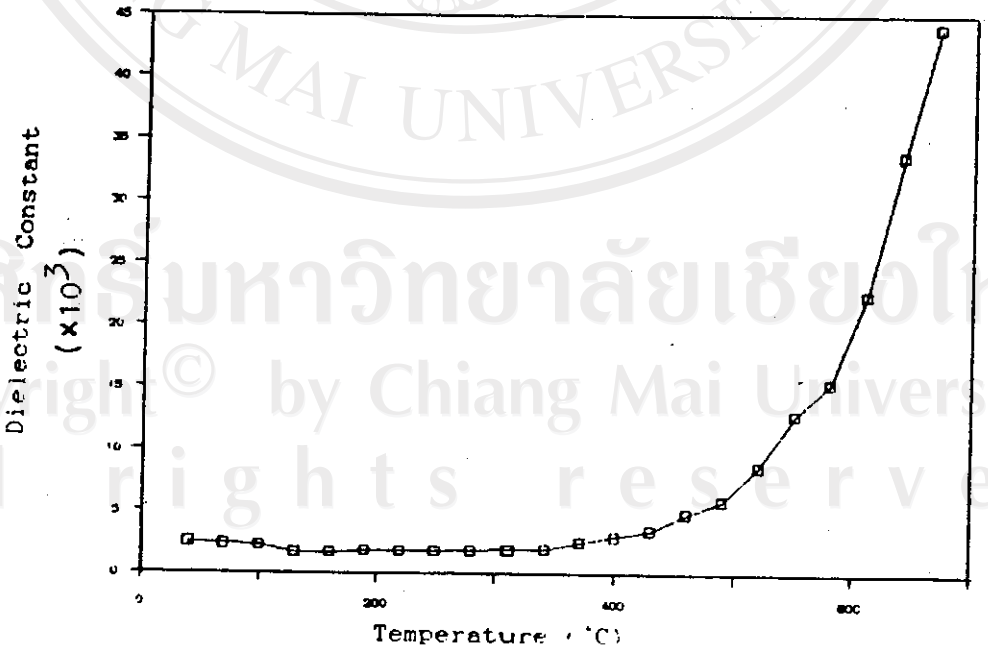


รูปที่ 4.7 กราฟระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทานของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2500 kg/cm²

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

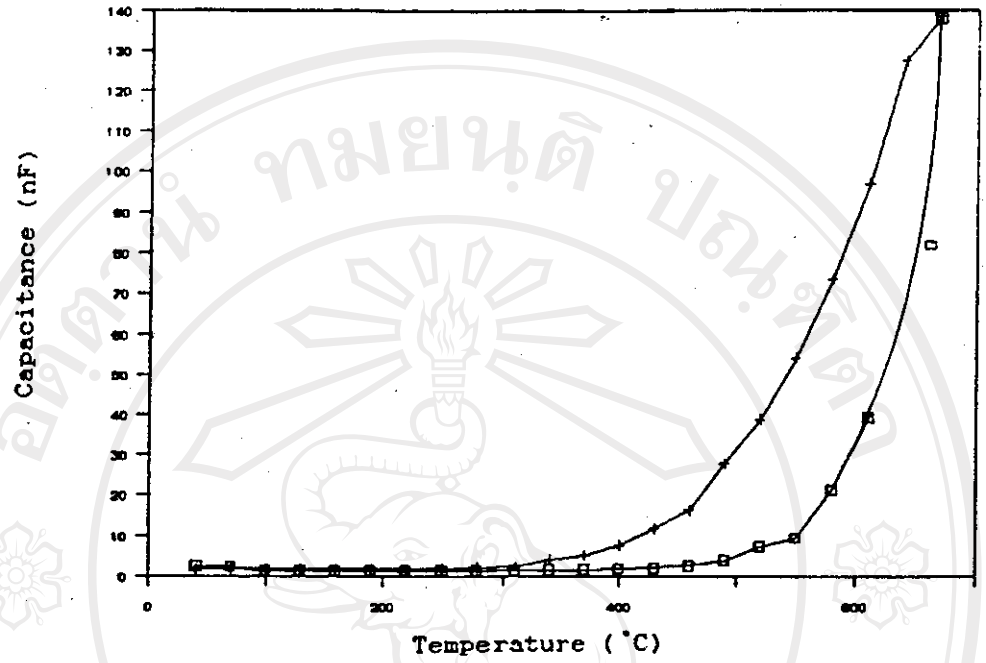


รูปที่ 4.8 กราฟระหว่างความจุไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ(□), ลดอุณหภูมิ(+) ของ $PbTiO_3$, T = 1170 °C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,500 kg/cm²

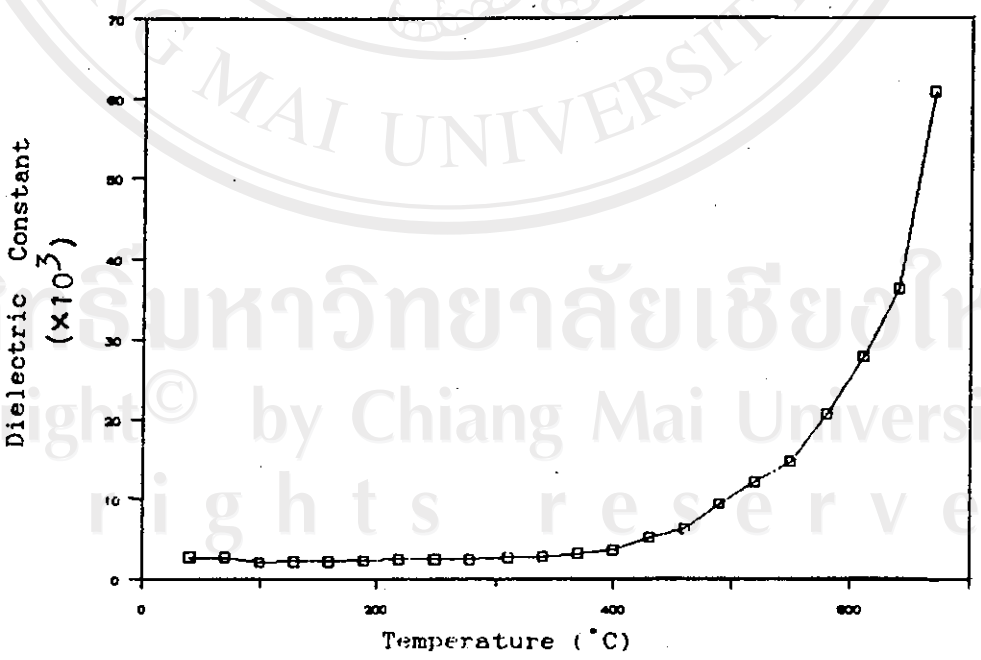


รูปที่ 4.9 กราฟระหว่าง Dielectric Constant กับอุณหภูมิ ของ $PbTiO_3$, T = 1170 °C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,500 kg/cm²

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

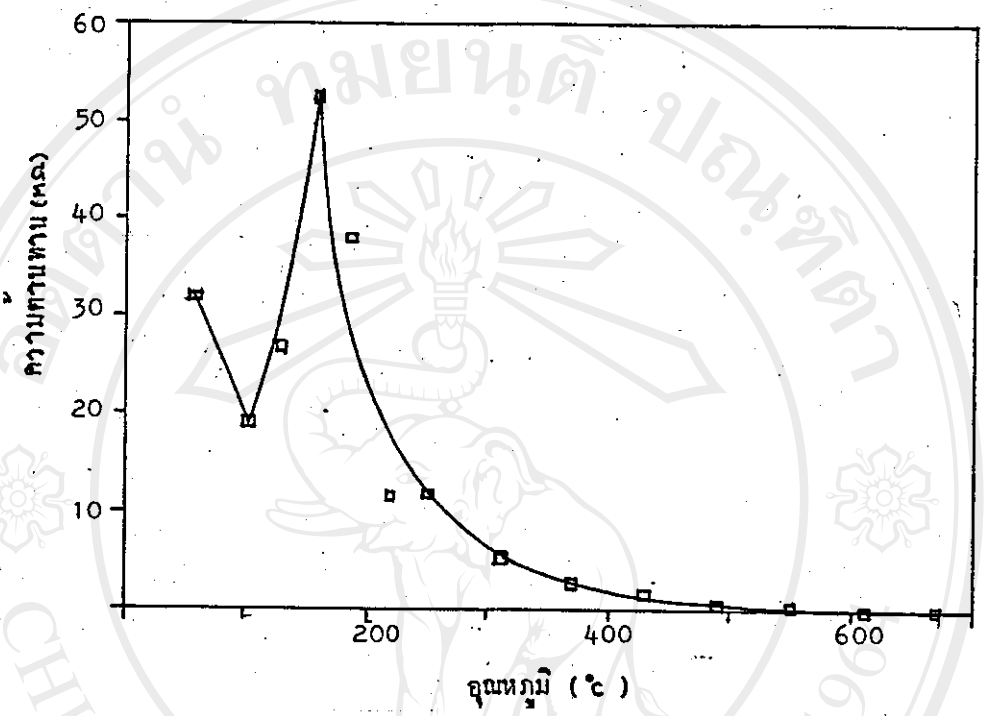


รูปที่ 4.10 กราฟระหว่างความจุไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ(□), ลดอุณหภูมิ(+) ของ $PbTiO_3$, T = 1170 °C, t = 2 ชั่วโมง, P = 3,000 kg/cm²

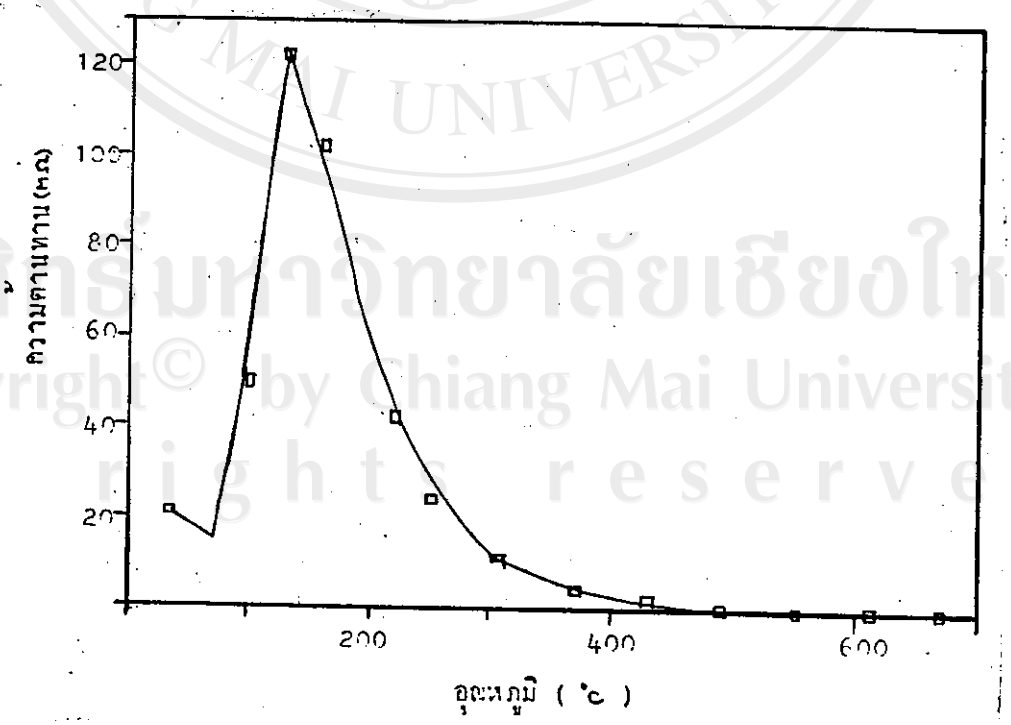


รูปที่ 4.11 กราฟระหว่าง Dielectric Constant กับอุณหภูมิ ของ $PbTiO_3$, T = 1170 °C, t = 2 ชั่วโมง, P = 3,000 kg/cm²

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

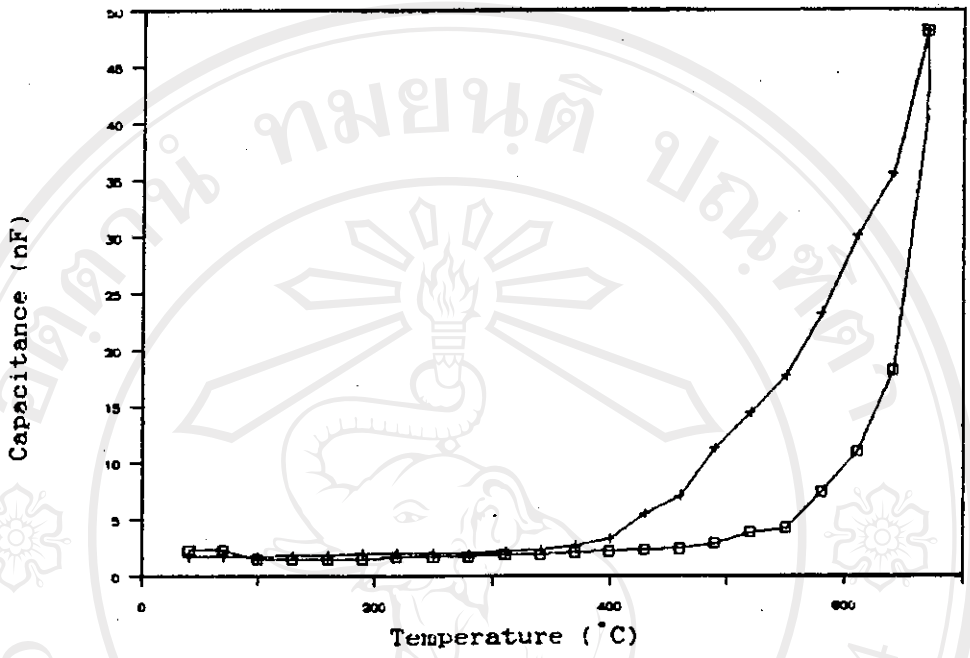


รูปที่ 4.12 กราฟระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทานของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, P = 3000 kg/cm²

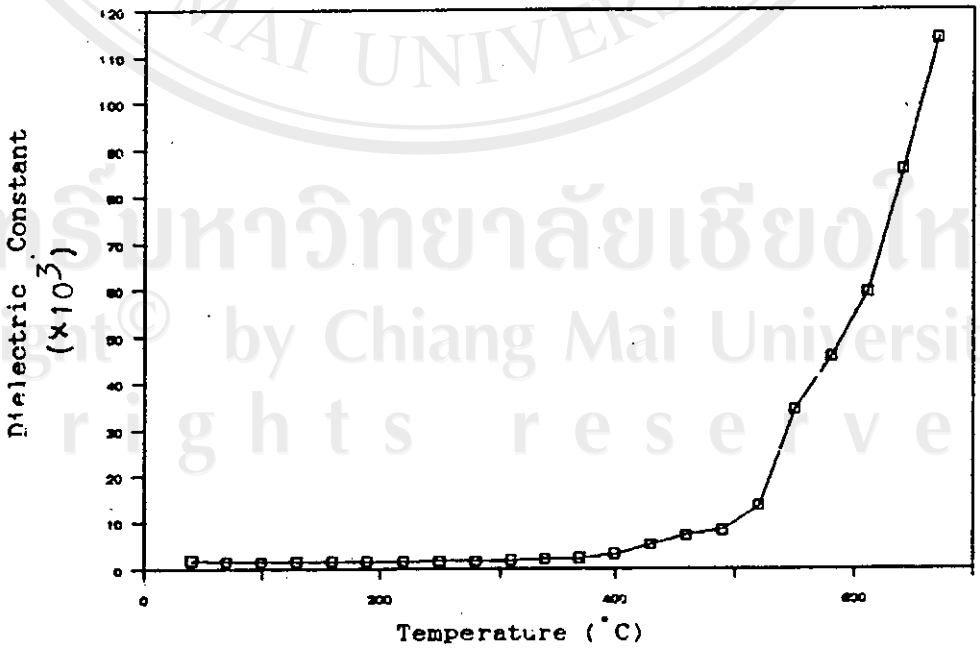


รูปที่ 4.13 กราฟระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทานของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, P = 1,000 kg/cm²

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

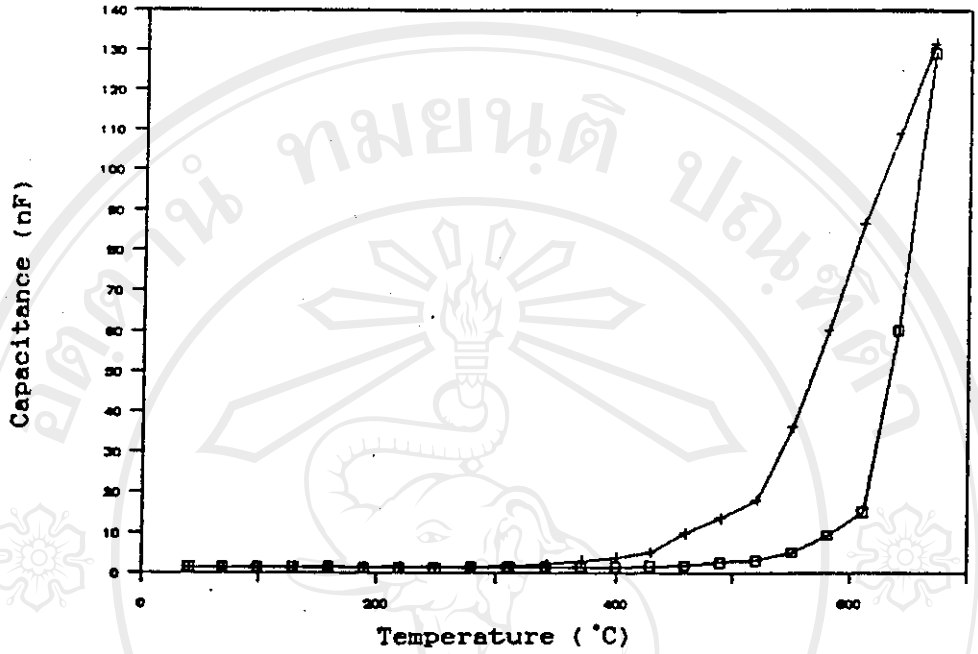


รูปที่ 4.14 กราฟระหว่างความจุไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ(□), ลดอุณหภูมิ(+) ของ $PbTiO_3$, T = 1170 °C, t = 2.5 ชั่วโมง, P = 1,000 kg/cm^2

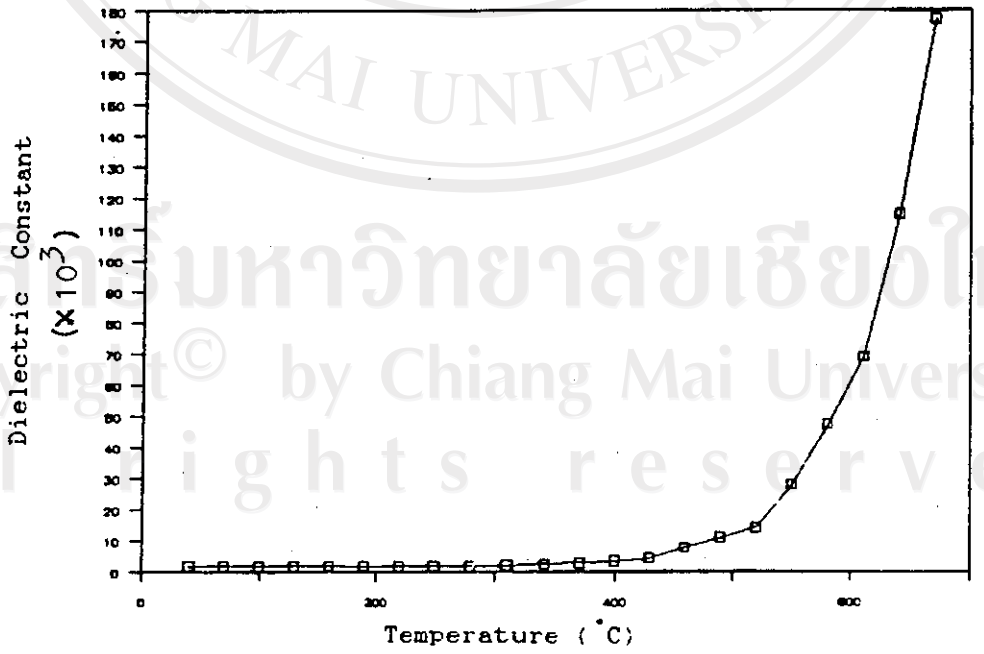


รูปที่ 4.15 กราฟระหว่าง Dielectric Constant กับอุณหภูมิ ของ $PbTiO_3$, T = 1170 °C, t = 2.5 ชั่วโมง, P = 1,000 kg/cm^2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

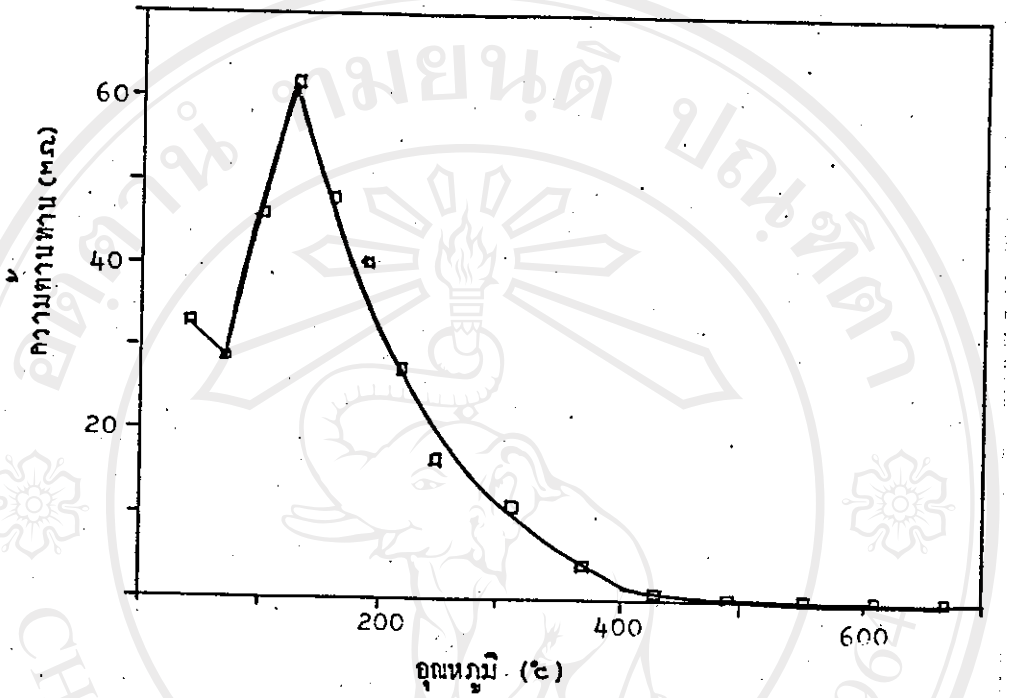


รูปที่ 4.16 กราฟระหว่างความจุไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ(□), ลดอุณหภูมิ(+) ของ $PbTiO_3$, T = 1170 °C, t = 2.5 ชั่วโมง, P = 1,500 kg/cm²

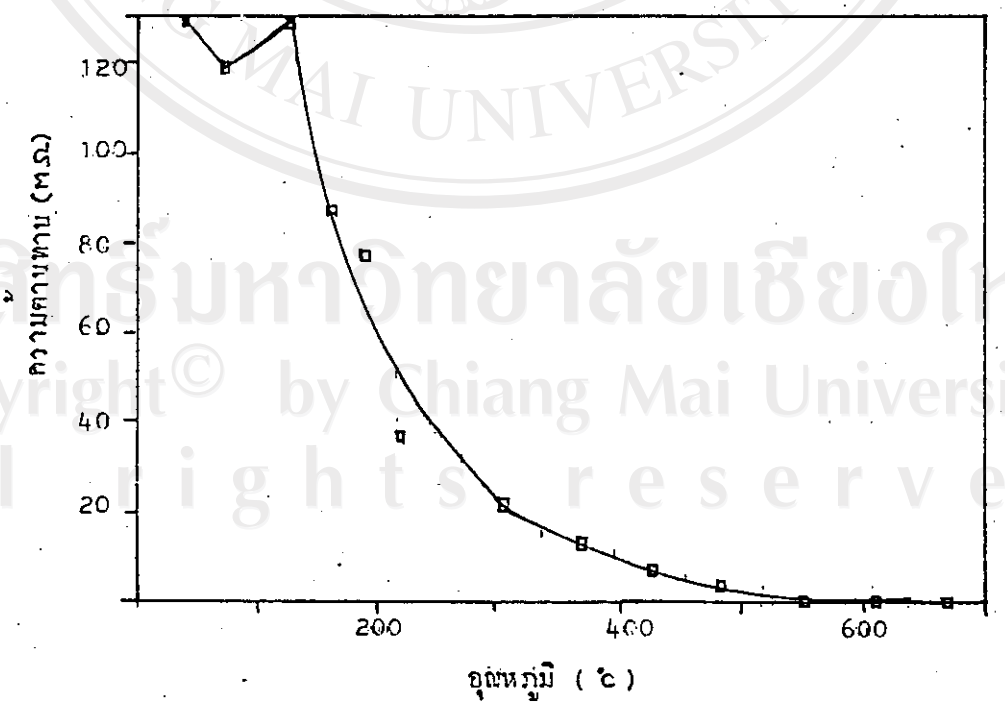


รูปที่ 4.17 กราฟระหว่าง Dielectric Constant กับอุณหภูมิ ของ $PbTiO_3$, T = 1170 °C, t = 2.5 ชั่วโมง, P = 1,500 kg/cm²

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

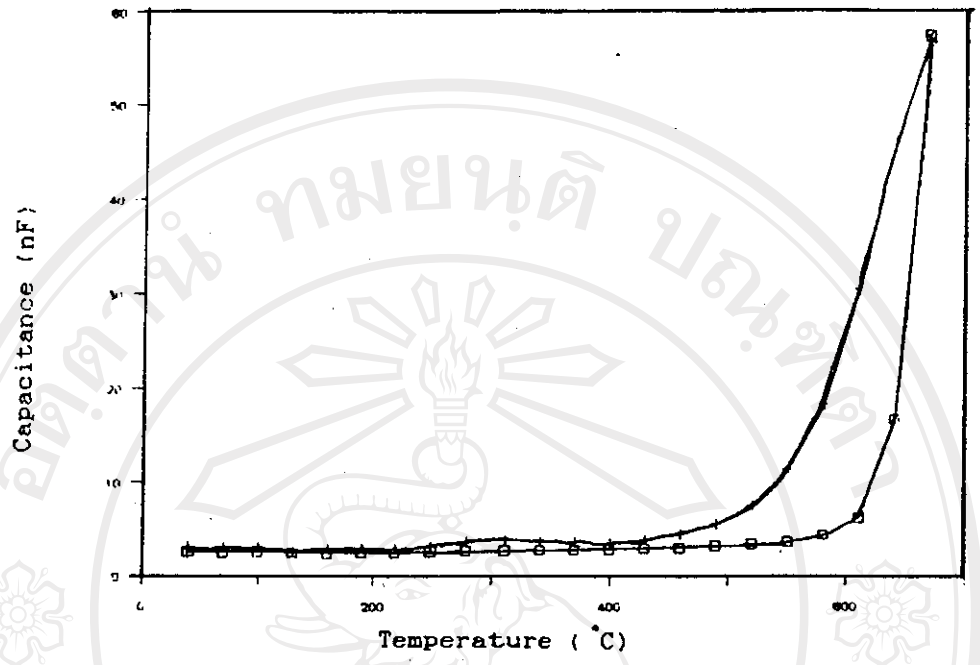


รูปที่ 4.18 กราฟระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทานของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, P = 1,500 kg/cm²

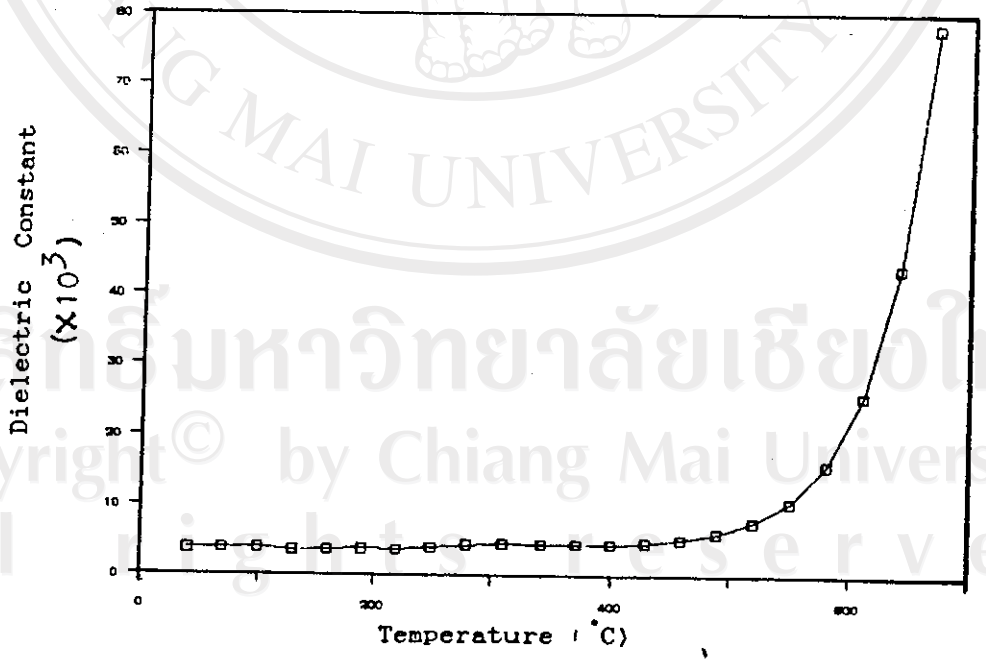


รูปที่ 4.19 กราฟระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทานของ PbO กับ TiO_2, ในอัตราส่วน 9:10 โมล, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,000 kg/cm²

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.20 กราฟระหว่างความจุไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ(□), ลดอุณหภูมิ(+) ของ PbO กับ TiO_2, ในอัตราส่วน 9 : 10 โมล, T = 1170 ˚C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,000 kg/cm^2



รูปที่ 4.21 กราฟระหว่าง Dielectric Constant กับอุณหภูมิ ของ PbO กับ TiO_2, ในอัตราส่วน 9 : 10 โมล, T = 1170 ˚C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,000 kg/cm^2

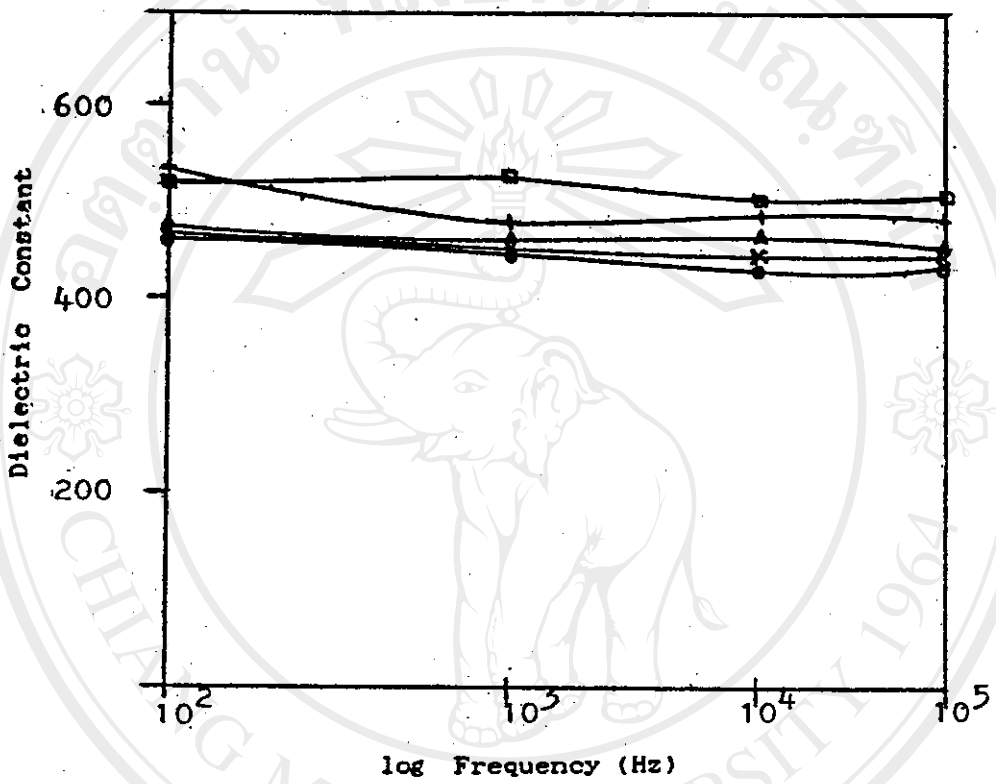
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริก กับความถี่

จากสารตัวอย่างในข้อ 4.2 จะถูกนำมาวัดค่าความจุไฟฟ้าในช่วงความถี่ 100 เฮิร์ตซ์ ถึง 100,000 เฮิร์ตซ์ โดยใช้วงจรการอัด-คายประจุ โดยวัดที่อุณหภูมิคงที่ 27°C แล้วคำนวณหาค่าคงที่ไดอิเลคตริก ซึ่งจะได้ค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ดังแสดงค่าดังตารางที่ ผ.25 ถึงตารางที่ ผ.44 ในหน้า 94 - 103

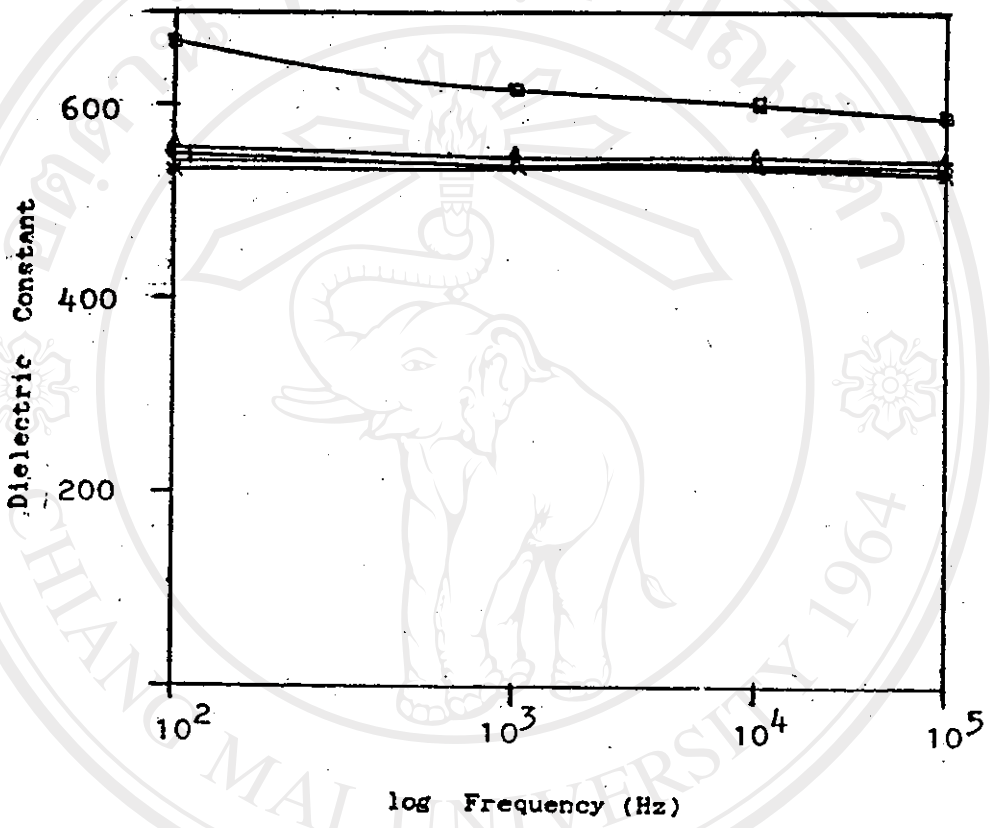
นำค่าคงที่ไดอิเลคตริก ไปเขียนกราฟระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริก กับ log ความถี่จะได้กราฟดังรูปที่ 4.22 ถึงรูปที่ 4.27

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



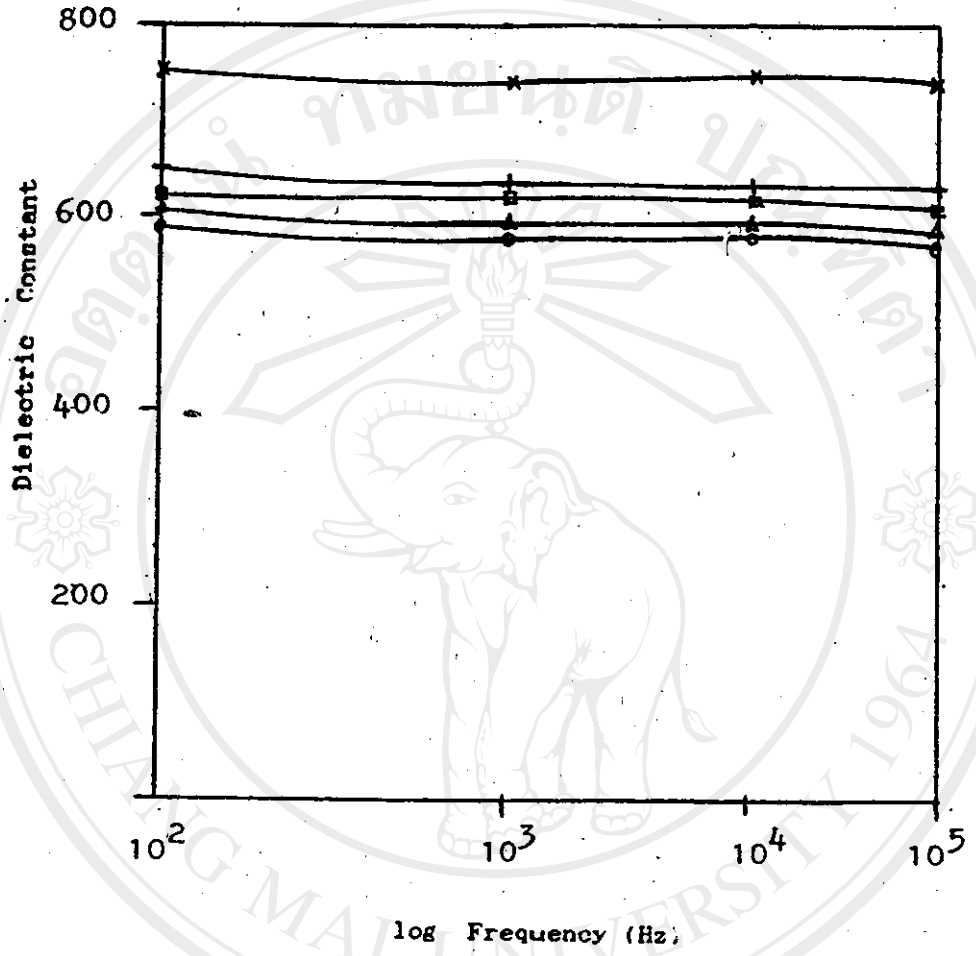
รูปที่ 4.22 กราฟระหว่างความถี่กับค่าคงที่ไดอิเลคตริกของเลดติตาเนต
T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, ความดันในการขึ้นรูป
△ = 1,000 kg/cm^2
○ = 1.500 kg/cm^2
+ = 2,000 kg/cm^2
□ = 2,500 kg/cm^2
× = 3,000 kg/cm^2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.23 กราฟระหว่างความถี่กับค่าคงที่ไดอิเลคตริกของเลดติตาเนต
T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, ความดันในการขึ้นรูป
Δ = 1,000 kg/cm^2
o = 1,500 kg/cm^2
+ = 2,000 kg/cm^2
□ = 2,500 kg/cm^2
X = 3,000 kg/cm^2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.24 กราฟระหว่างความถี่กับค่าคงที่ไดอิเลคตริกของเลดติตาเนต T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, ความดันในการขึ้นรูป

Δ = 1,000 kg/cm^2

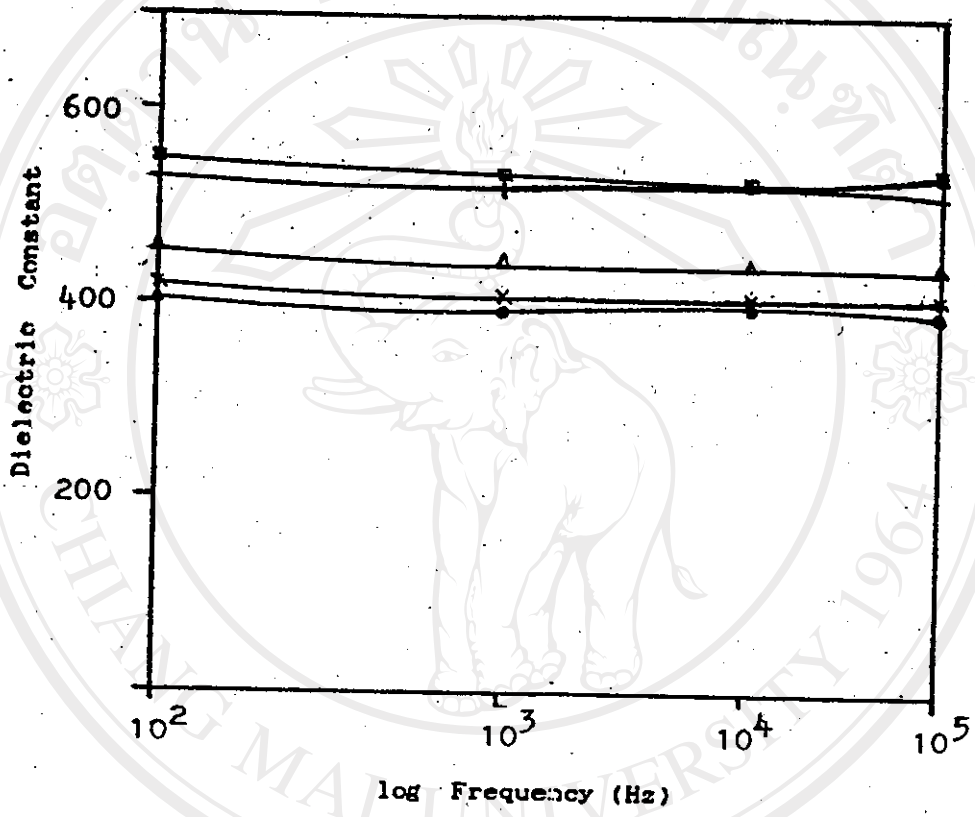
o = 1,500 kg/cm^2

+ = 2,000 kg/cm^2

□ = 2,500 kg/cm^2

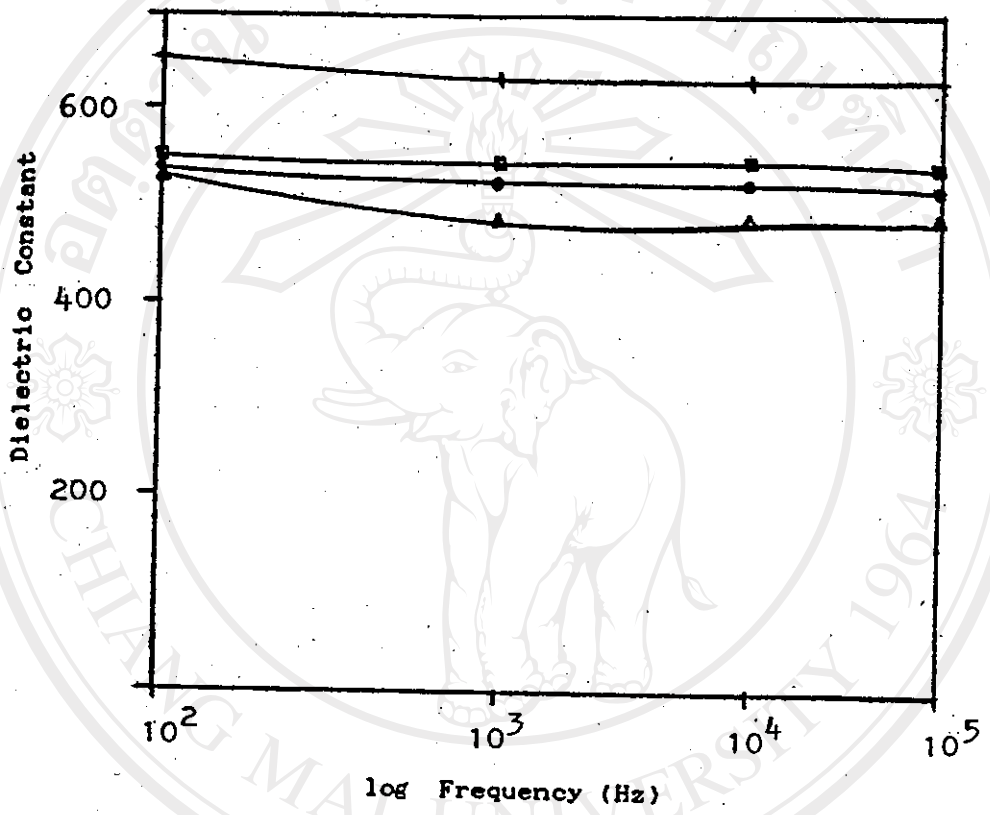
× = 3,000 kg/cm^2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



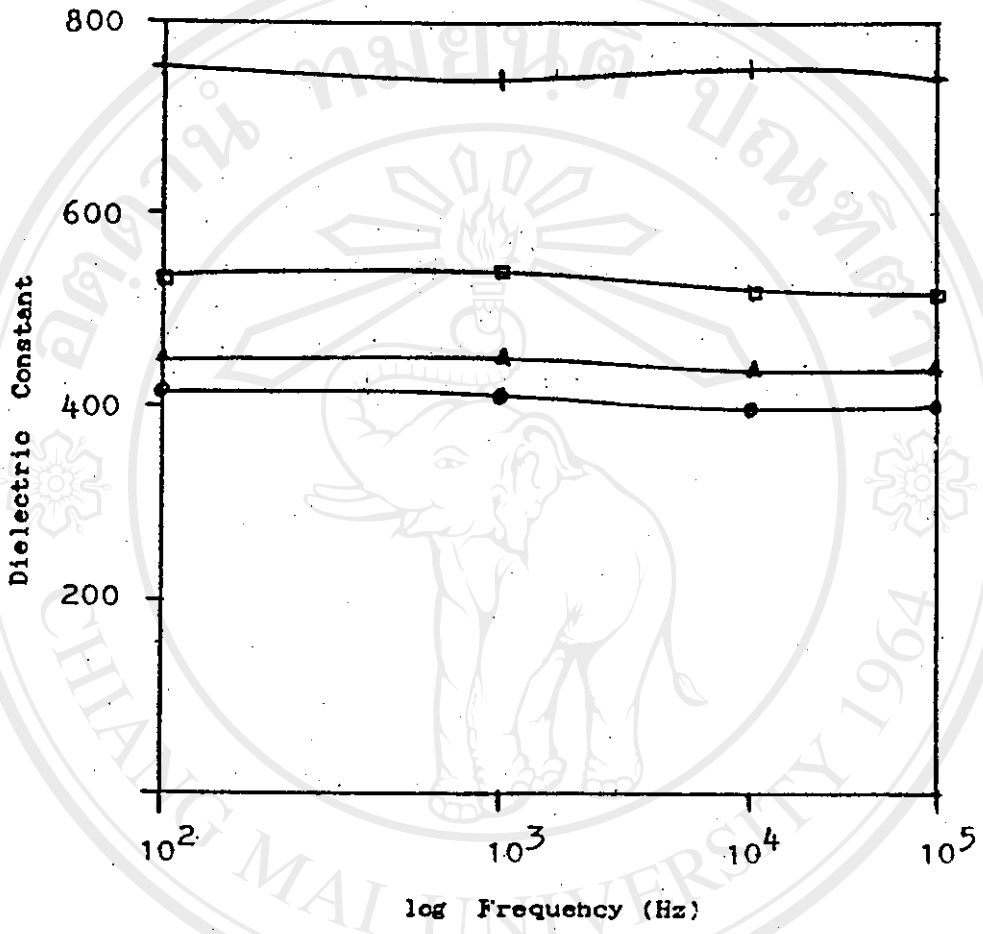
รูปที่ 4.25 กราฟระหว่างความถี่กับค่าคงที่ไดอิเลคตริกของเลดติตาเนต
T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, ความดันในการขึ้นรูป
Δ = 1,000 kg/cm²
o = 1,500 kg/cm²
+ = 2,000 kg/cm²
□ = 2,500 kg/cm²
X = 3,000 kg/cm²

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.26 กราฟระหว่างความถี่กับค่าคงที่ไดอิเลคตริกของเลดติตาเนต
T = 1170°C, P = 2,000 kg/cm^2 เวลาในการเผาแช่
Δ - t = 1 ชั่วโมง
□ - t = 1.5 ชั่วโมง
+ - t = 2 ชั่วโมง
∘ - t = 2.5 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.27 กราฟระหว่างความถี่กับค่าคงที่ไดอิเลคตริกของเลดติตาเนต
T = 1170°C, P = 3,000 kg/cm^2, เวลาในการเผาแช่
Δ - t = 1 ชั่วโมง
□ - t = 1.5 ชั่วโมง
+ - t = 2 ชั่วโมง
∘ - t = 2.5 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.4.1 การเตรียมเลดติตาเนต ($PbTiO_3$) จากการผสมเลดออกไซด์ (PbO) กับติตาเนียมออกไซด์ (TiO_2) ในอัตราส่วน 1 : 1 โมล ขึ้นรูปด้วยแรงดัน 1,000, 1,500, 2,000, 2,500 และ 3,000 กิโลกรัม เมื่อผ่านการเผาแคลไซน์ที่ 800°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วผ่านขบวนการซินเตอร์ที่ 1170°C โดยใช้เวลาเผาแช่ 1, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมง ได้สารตัวอย่าง และเมื่อตรวจสอบด้วยการ x-ray diffraction พบว่าค่า d-spacing สอดคล้องกับค่ามาตรฐานจากบัตร A.S.T.M. เป็นอย่างดี ดังตารางที่ 4.1-4.3 นั่นคือสารตัวอย่างที่เตรียมได้เป็นเลดติตาเนต โดยไม่ขึ้นกับความดันในการขึ้นรูป และเวลาที่เผาแช่

4.4.2 เมื่อพิจารณาค่าคงที่ไดอิเลคตริก ของเลดติตาเนตกับอุณหภูมิ พบว่าค่าคงที่ไดอิเลคตริกจะคงที่ในช่วงระหว่างอุณหภูมิ 40-400°C หลังจากนั้นค่าคงที่ไดอิเลคตริกจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 500°C ขึ้นไป ดังกราฟในรูปที่ 4.5-4.21 ซึ่งสอดคล้องกับค่าคงที่ไดอิเลคตริก ดังแสดงในรูปที่ 2.13 และรูปที่ 2.14

4.4.3 เลดติตาเนตที่เตรียมได้จากข้อ 4.4.1 จะมีค่าคงที่ไดอิเลคตริกเฉลี่ย 19000 ในช่วงอุณหภูมิ 40-400°C ที่ความถี่ 303 เฮิร์ตซ์ ดังรูปที่ 4.4-4.21 และตารางที่ ผ.4.1-ผ.4.18

4.4.4 พิจารณาจากข้อมูล ตารางที่ ผ.1 - ผ.18 เวลาที่เผาแช่ไว้(1770°C) เป็นเวลา 1.5 และ 2 ชั่วโมง จะทำให้ค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่คงที่ในช่วงอุณหภูมิ 40-400°C สูงกว่าสารที่ได้จากเวลาที่เผาแช่ไว้ 1 หรือ 2.5 ชั่วโมง

4.4.5 ในกรณีคงที่เวลาเผาแช่ไว้ แต่เปลี่ยนแปลงความดันในการขึ้นรูป พบว่าความดันในการขึ้นรูปสูง ค่าคงที่ไดอิเลคตริกก็จะสูงด้วย ดังตารางที่ ผ.1-ผ.5

4.4.6 ในการทดลองนี้ ไม่สามารถหาค่าคงที่ไดอิเลคตริก ที่จุดสูงสุดได้ว่าตรงกับอุณหภูมิใด แต่ทำการทดลองถึงอุณหภูมิ 670°C ซึ่งเป็นช่วงที่ค่าคงที่ไดอิเลคตริก เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ความต้านทานกลับลดต่ำลง และต่ำกว่าระดับเมกกะโอห์ม อนึ่งกาวเงินที่ใช้ทา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผิวสารตัวอย่าง เพื่อทำ contact จะหลอมหลุดออกได้เมื่ออยู่ในอุณหภูมิสูง ๆ

4.4.7 พิจารณาค่าคงที่ไดอิเลคตริกของเลดติตาเนต จากกราฟดังรูปที่ 4.5 - 4.21 พบว่าหลังอุณหภูมิ 500°C ขึ้นไป ค่าคงที่ไดอิเลคตริกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แม้เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย แสดงว่าอุณหภูมิคูรีของเลดติตาเนตมีค่าเกินกว่าอุณหภูมิ 500°C แต่ไม่สามารถบอกตำแหน่งแน่นอนได้ด้วยเหตุผลดังข้อ 4.4.6

4.4.8 พิจารณาค่าความจุไฟฟ้า ในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ และลดอุณหภูมิ พบว่า ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 40-400°C ค่าความจุทั้งช่วงเพิ่มและลดอุณหภูมิ มีค่าใกล้เคียงกันมากโดยมีค่าประมาณ 1,800 พิโคฟารัด แต่หลังจากอุณหภูมิ 400°C ขึ้นไป ค่าความจุในช่วงเพิ่มอุณหภูมิจะมีค่าต่ำกว่าค่าความจุในช่วงลดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.4-4.20

4.4.9 พิจารณาค่าความต้านทาน จะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และลดต่ำลงกว่าเมกกะโอห์ม เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 400°C ขณะที่ความต้านทานต่ำ แสดงว่าสารนั้นไม่ใช่สารไดอิเลคตริกที่ดี อาจมีกระแสไหลผ่านสารไปได้ ทำให้ค่าความจุที่วัดได้ในช่วงนี้ไม่ถูกต้องนัก จึงมีการตรวจสอบค่าความจุที่ความต้านทานต่ำ ๆ นั้น ดังวงจรแสดงในรูปที่ ผ.5 และตารางที่ ผ.51

4.4.10 เมื่อเตรียมสารตัวอย่างใหม่ โดยใช้อัตราส่วนของ PbO กับ TiO_2 ใกล้เคียงกับ 1 : 1 โมล เช่น 10 : 9 หรือ 8 : 10 โมล สมบัติทางไฟฟ้าของสารนั้นจะใกล้เคียงกับเลดติตาเนต ดังแสดงในรูปที่ 4.20-4.21 แต่หลังจากอัตรา PbO กับ TiO_2 เป็น 7 : 10 หรือมากกว่านี้ จะได้ค่าคงที่ไดอิเลคตริก ดังแสดงในตารางที่ ผ.23 และ ผ.24

4.4.11 เมื่อพิจารณาค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับความถี่ พบว่าในช่วงความถี่ต่ำ ๆ (100-1,000 เฮิรตซ์) ค่าคงที่ไดอิเลคตริกค่อนข้างจะคงที่ แต่ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 10^4-10^5 เฮิร์ตซ์ ค่าคงที่ไดอิเลคตริกมีแนวโน้มลดต่ำลงเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.22-4.27

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.12 ที่ความถี่สูง ๆ เกินกว่า 10^5 เฮิร์ตซ์ อุปกรณ์ที่ใช้ทดลองจะตอบสนองต่อสัญญาณคลื่นไม่ดีนัก จึงไม่สามารถหาค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่สูง ๆ ได้ ทั้งนี้เพราะเกินขีดจำกัดของเครื่องมือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved