สารบาญ

เรื่อง	หน้า
คำขอบคุณ	ค
บทคัดย่อ	ง
Abstract	จ
รายการตารางประกอบ	ช
รายการภาพประกอบ	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	2
2.1 ไดอิเลคตริก	2
2.2 โพลาไรเซชั่น	5
2.3 สนามไฟฟ้าท้องถิ่น	9
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับอุณหภูมิ	11
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับความถี่	13
2.6 ผลึกเฟอโรอิเลคตริก	15
2.7 เลดติตาเนต	17
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับอุณหภูมิและความถี่ของ Steatie Ceramic และ Titania Ceramic	19
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	21
3.1 สารเคมีที่ใช้ทดลอง	21
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง	21
3.3 วิธีการทดลอง	24
3.3.1 การเตรียมสารตัวอย่าง	25
3.3.2 การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของเลดติตาเนต	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	36
4.1 ผลการตรวจสอบสารตัวอย่าง โดยวิธี X-ray diffraction	36
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับอุณหภูมิ	43
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับความถี่	53

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เรื่อง	หน้า
4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง	60
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	63
5.1 สรุปผลการทดลอง	63
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	64
5.3 ข้อเสนอแนะ	65
บรรณานุกรม	66
ภาคผนวก	68
ประวัติการศึกษา	111

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
3.1	แสดงอัตราส่วนการผสมสารในการทดลอง	26
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	40
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	41
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 1.5 ชั่วโมง	42
ผ.1	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, P = 1,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.920 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร	70
ผ.2	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, P = 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.915 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร	71
ผ.3	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, P = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.920 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร	72

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ **หน้า**

ผ.4 แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, P = 2,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร 73

ผ.5 แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, P = 3,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร 74

ผ.6 แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 1,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.913 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร 75

ผ.7 แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.913 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร 76

ผ.8 แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.910 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร 77

ผ.9 แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.910 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร 78

ผ.10 แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, P = 1,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.900 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร 79

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่		หน้า
ผ.11	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, P = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.915 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร	80
ผ.12	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, P = 2,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.915 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร	81
ผ.13	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, P = 3,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.920 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร	82
ผ.14	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, P = 1,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.920 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร	83
ผ.15	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, P = 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.920 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร	84
ผ.16	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, P = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร	85
ผ.17	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, P = 2,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร	86

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่		หน้า
ผ.18	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, P = 3,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร หนา 0.08 เซนติเมตร	87
ผ.19	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของ PbO กับ TiO_2 อัตราส่วน 9:10 โมล, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.910 เซนติเมตร	88
ผ.20	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของ PbO กับ TiO_2 อัตราส่วน 10:9 โมล, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร	89
ผ.21	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของ PbO กับ TiO_2 อัตราส่วน 8:10 โมล, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.920 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร	90
ผ.22	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของ PbO กับ TiO_2 อัตราส่วน 10:8 โมล, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร	91
ผ.23	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของ PbO กับ TiO_2 อัตราส่วน 10:7 โมล, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร	92
ผ.24	แสดงค่าความจุไฟฟ้า, ค่าคงที่ไดอิเลคตริก และความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของ PbO กับ TiO_2 อัตราส่วน 7:10 โมล, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.920 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร	93

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ หน้า

ผ.25 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, p = 1,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.920 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 94

ผ.26 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, p = 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.915 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 94

ผ.27 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, p = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.920 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 95

ผ.28 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, p = 2,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 95

ผ.29 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, p = 3,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 96

ผ.30 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, p = 1,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.913 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 96

ผ.31 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, p = 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.913 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 97

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ หน้า

ผ.32 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, p = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.910 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 97

ผ.33 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, p = 2,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.910 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 98

ผ.34 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, p = 3,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 98

ผ.35 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, p = 1,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.900 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 99

ผ.36 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, p = 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.905 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 99

ผ.37 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, p = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.915 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 100

ผ.38 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, p = 2,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.915 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ **หน้า**

ผ.39 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, p = 3,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.920 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 101

ผ.40 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, p = 1,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.920 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 101

ผ.41 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, p = 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.920 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 102

ผ.42 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, p = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 102

ผ.43 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, p = 2,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 103

ผ.44 แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริกที่ความถี่ต่าง ๆ ของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, p = 3,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.930 เซนติเมตร, หนา 0.08 เซนติเมตร 103

ผ.45 แสดงค่าความจุไฟฟ้าที่ความถี่ต่าง ๆ ของตัวเก็บประจุมาตรฐาน 182 K 104

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ หน้า

ผ.46 แสดงค่าความจุไฟฟ้าที่ความถี่ต่าง ๆ ของตัวเก็บประจุมาตรฐาน 222 J 105

ผ.47 แสดงค่าความจุไฟฟ้าที่ความถี่ต่าง ๆ ของตัวเก็บประจุมาตรฐาน 272 J 106

ผ.48 แสดงค่าความจุไฟฟ้าที่ความถี่ต่าง ๆ ของตัวเก็บประจุมาตรฐาน 510 107

ผ.49 แสดงค่าความต้านทานของ Oscilloscope ที่ความถี่ต่าง ๆ 108

ผ.50 แสดงค่าความถี่ที่วัดได้จาก Oscilloscope กับ Frequency Counter 108

ผ.51 แสดงค่าความจุไฟฟ้าที่ความต้านทานต่ำ ๆ หลังจากแก้ไขความคลาดเคลื่อน 109

ผ.52 แสดงค่าความหนาแน่น, เปอร์เซนต์การหดตัวของสารตัวอย่าง 110

ผ.53 แสดงค่า ϵ_r วัดใน Silocone Oil วัดที่อุณหภูมิต่ำ โดยวงจรการคายประจุ 111

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงการเกิด Polarized ของสารไดอิเลคตริก	2
2.2	แสดง dipole moment ของประจุไฟฟ้า	3
2.3	แสดง Torque เกิดบน dipole เนื่องจากสนามไฟฟ้า	4
2.4	แสดงการทดลองอย่างง่ายสำหรับวัดค่าคงที่ไดอิเลคตริก	7
2.5	แสดงสนามไฟฟ้า เกิดจากประจุที่ผิวสารมีทิศทางตรงข้ามกับสนามภายนอก	8
2.6	แสดงสนามไฟฟ้าบนอะตอมภายในผลึก	10
2.7	แสดงการคำนวณสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุที่ผิวช่องว่างทรงกลมในเนื้อสารที่ Uniformly Polarized	11
2.8	แสดงการเปลี่ยนแปลง ϵ' และ ϵ'' ตามความถี่	15
2.9	แสดง Hysteresis loop ของผลึกเฟอโรอิเลคตริก	16
2.10	แสดงการเปลี่ยนสถานะ (Phase transistion) ที่อุณหภูมิคูรี (T_c)	17
2.11	แสดง Cubic ABO_3 Perovskits Structure	18
2.12	แสดงอุณหภูมิคูรีที่เลื่อนไปตามเปอร์เซ็นต์การผสมของ $PbTiO_3$	18
2.13	แสดงค่าคงที่ไดอิเลคตริก ϵ'/ϵ_0 of steatie ceramic	19
2.14	แสดงค่า Dielectric Constant of Titania Ceramic	20
3.1	แสดงแม่พิมพ์และสารตัวอย่าง	22
3.2	แสดงเครื่องอัดไฮโดรลิค	22
3.3	แสดงเตาเผาไฟฟ้า	23
3.4	แสดงการควบคุมอุณหภูมิในการเผาสารตัวอย่าง	27
3.5	แสดงอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความจุในเตาเผาไฟฟ้า	29
3.6	แสดงอุปกรณ์ภายในเตาเผาไฟฟ้า และตำแหน่งของสารตัวอย่างที่จะวัดค่าความจุไฟฟ้า	30
3.7	แสดงวงจรอัด-คายประจุของตัวเก็บประจุ	31
3.8	กราฟแสดงการอัด-คายประจุกับเวลา	33

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่		หน้า
3.9	แสดงอุปกรณ์การวัดค่าความจุที่ความถี่ต่าง ๆ	34
3.10	แสดงวงจรการวัดค่าความจุที่ความถี่ต่าง ๆ	34
4.1	แสดง Diffraction pattern ของสารผสมระหว่าง PbO กับ TiO_2 ในอัตราส่วน 1:1 โมล แรงดันในการขึ้นรูป 1.5 ตัน ซินเตอร์ที่ 1170°C นาน 1 ชั่วโมง	37
4.2	แสดง Diffraction pattern ของสารผสมระหว่าง PbO กับ TiO_2 ในอัตราส่วน 1:1 โมล แรงดันในการขึ้นรูป 2 ตัน ซินเตอร์ที่ 1170°C นาน 1 ชั่วโมง	38
4.3	แสดง diffraction pattern ของสารผสมระหว่าง PbO กับ TiO_2 ในอัตราส่วน 1:1 โมล แรงดันในการขึ้นรูป 2.5 ตัน ซินเตอร์ที่ 1170°C นาน 1.5 ชั่วโมง	39
4.4	กราฟระหว่างค่าความจุไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเลดติตาเนตในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ, ลดอุณหภูมิ, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, p = 2,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร	44
4.5	กราฟระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับอุณหภูมิของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 1 ชม., p = 2,000 kg/cm^2	44
4.6	กราฟระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิของ $PbTiO_3$ T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, p = 2,000 kg/cm^2	45
4.7	กราฟระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิของ $PbTiO_3$ T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, p = 2,500 kg/cm^2	45
4.8	กราฟระหว่างค่าความจุไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเลดติตาเนตในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ, ลดอุณหภูมิ, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, p = 2,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร	46
4.9	กราฟระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับอุณหภูมิของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, p = 2,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร	46

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ หน้า

4.10 กราฟระหว่างค่าความจุไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเลดติตาเนตในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ, ลดอุณหภูมิ, T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, p = 3,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 47

4.11 กราฟระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับอุณหภูมิของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 2 ชม., p = 3,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 47

4.12 กราฟระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, p = 3,000 kg/cm² 48

4.13 กราฟระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, p = 1,000 kg/cm² 48

4.14 กราฟระหว่างค่าความจุไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเลดติตาเนตในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ, ลดอุณหภูมิ, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, p = 1,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 49

4.15 กราฟระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับอุณหภูมิของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 2.5 ชม., p = 1,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 49

4.16 กราฟระหว่างค่าความจุไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเลดติตาเนตในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ, ลดอุณหภูมิ, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, p = 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 50

4.17 กราฟระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับอุณหภูมิของเลดติตาเนต, T = 1170°C, t = 2.5 ชม., p = 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 50

4.18 กราฟระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, p = 1,500 kg/cm² 51

4.19 กราฟระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิของ PbO กับ TiO_2 ในอัตราส่วน 9:10 โมง, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, p = 2,000 kg/cm² 51

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่		หน้า
4.20	กราฟระหว่างความจุไฟฟ้ากับอุณหภูมิในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ, ลดอุณหภูมิ ของ PbO กับ TiO_2, ในอัตราส่วน 9:10 โมง, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,000 kg/cm²	52
4.21	กราฟระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับอุณหภูมิของ PbO กับ TiO_2, ในอัตราส่วน 9:10 โมล, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, P = 2,000 kg/cm²	52
4.22	กราฟระหว่างความถี่กับค่าคงที่ไดอิเลคตริกของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1 ชั่วโมง, p = 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ตัน/cm²	54
4.23	กราฟระหว่างความถี่กับค่าคงที่ไดอิเลคตริกของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1.5 ชั่วโมง, p = 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ตัน/cm²	55
4.24	กราฟระหว่างความถี่กับค่าคงที่ไดอิเลคตริกของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2 ชั่วโมง, p = 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ตัน/cm²	56
4.25	กราฟระหว่างความถี่กับค่าคงที่ไดอิเลคตริกของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 2.5 ชั่วโมง, p = 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ตัน/cm²	57
4.26	กราฟระหว่างความถี่กับค่าคงที่ไดอิเลคตริกของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมง, p = 2 ตัน/cm²	58
4.27	กราฟระหว่างความถี่กับค่าคงที่ไดอิเลคตริกของ $PbTiO_3$, T = 1170°C, t = 1, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมง, p = 3.0 ตัน/cm²	59
ผ.1	กราฟแสดงความถี่กับความจุของตัวเก็บประจุมาตรฐาน 182 K	104
ผ.2	กราฟแสดงความถี่กับความจุของตัวเก็บประจุมาตรฐาน 222 J	105
ผ.3	กราฟแสดงความถี่กับความจุของตัวเก็บประจุมาตรฐาน 272 J	106

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่		หน้า
ผ.4	กราฟแสดงความถี่กับความจุของตัวเก็บประจุมาตรฐาน 510	107
ผ.5	วงจรแก้ไขความคลาดเคลื่อนค่าความจุที่ความต้านทานต่ำ	109
ผ.6	กราฟแสดงค่าความจุที่วัดได้จริง กับความจุที่แก้ไขความคลาดเคลื่อนแล้ว	109

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved