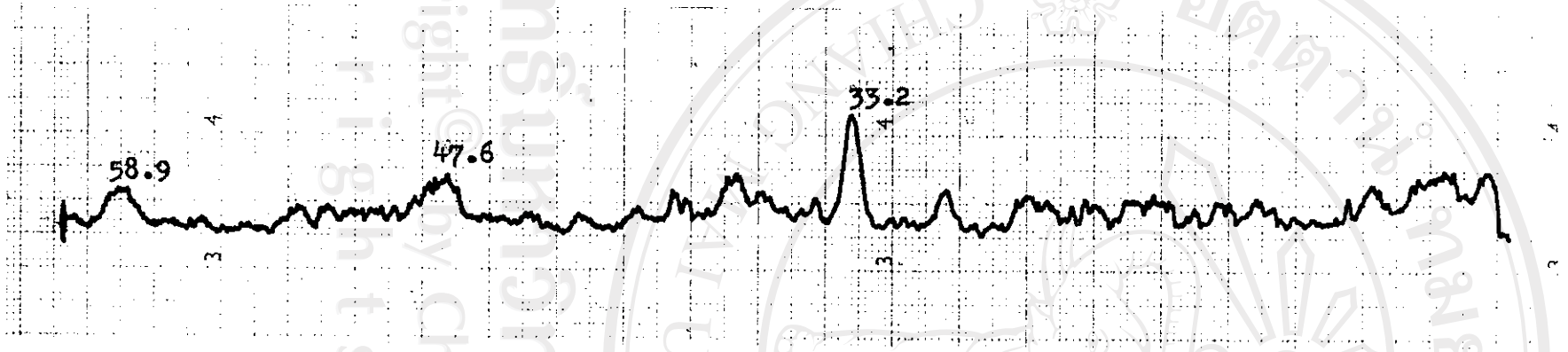
บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิจัยนี้ ได้มีการเตรียมส่วนผสม สทรอนเชียมติตาเนต ($SrTiO_3$) และแคลเซียมติตาเนต ($CaTiO_3$) จากสารตั้งต้น สทรอนเชียมคาร์บอเนต ($SrCO_3$) แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และติตาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ที่ผสมกันด้วยอัตราส่วน 1:1:2 โมล แล้วเติมสารเจือ นีโอเบียมออกไซด์ (Nb_2O_5) ยิบเตรียมออกไซด์ (Y_2O_3) ในปริมาณต่าง ๆ อัดเม็ด แล้วทำการเผาที่ 1400°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำเม็ดสารที่ได้มาทำการศึกษาทดลอง ปรากฏผลการทดลองดังต่อไปนี้

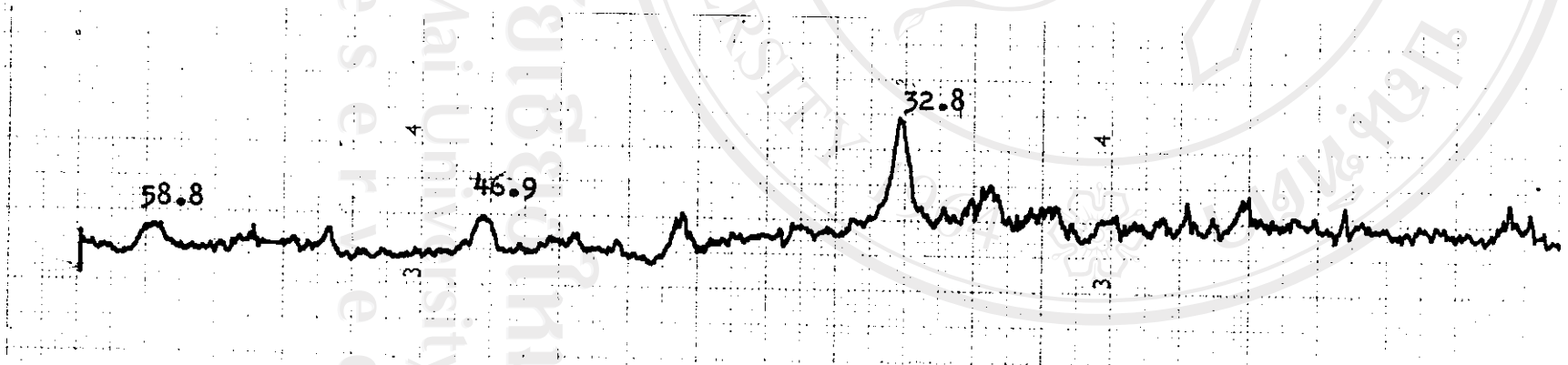
4.1 การตรวจวิเคราะห์ด้วย X-ray

เมื่อนำเม็ดสารตัวอย่างมาบดให้ละเอียด แล้วนำไปทดสอบโดยใช้ X-ray diffractometer ได้ diffraction pattern ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ถึง 4.9 คำนวณหาค่า d-spacing นำไปเทียบกับค่า d-spacing ที่ได้จากบัตร A.S.T.M ได้ผลตามตารางที่ 4.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

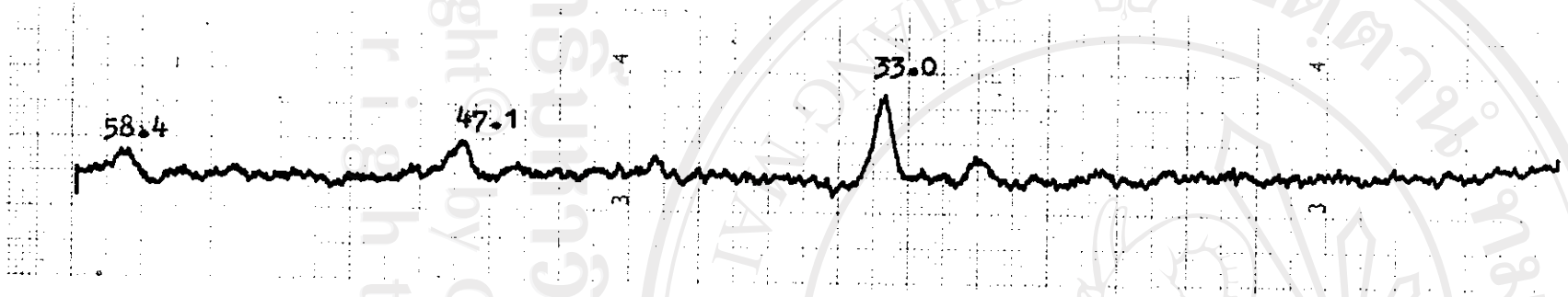


รูปที่ 4.1 แสดง **Diffraction Pattern** ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$

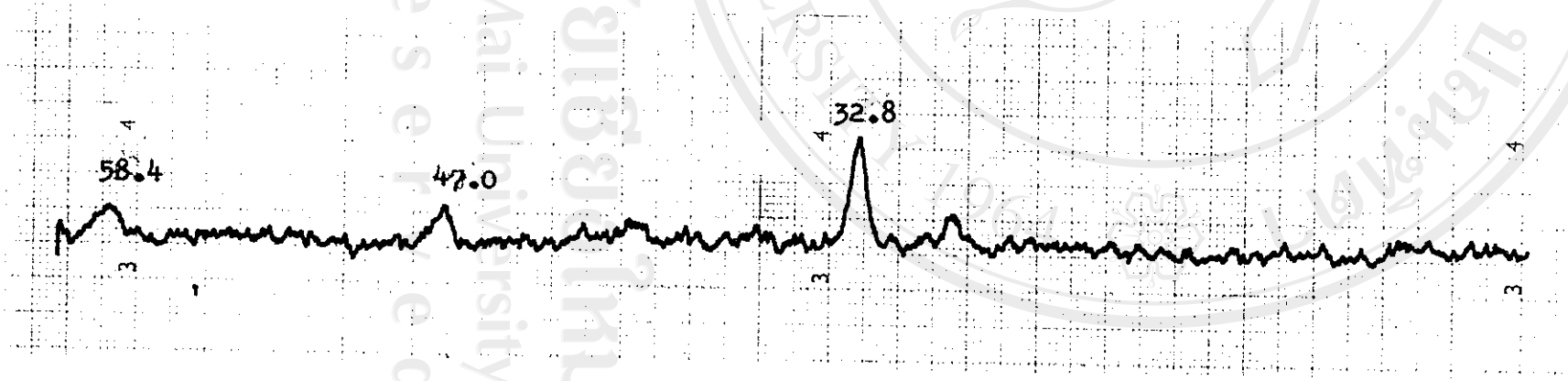


รูปที่ 4.2 แสดง **Diffraction Pattern** ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.02 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

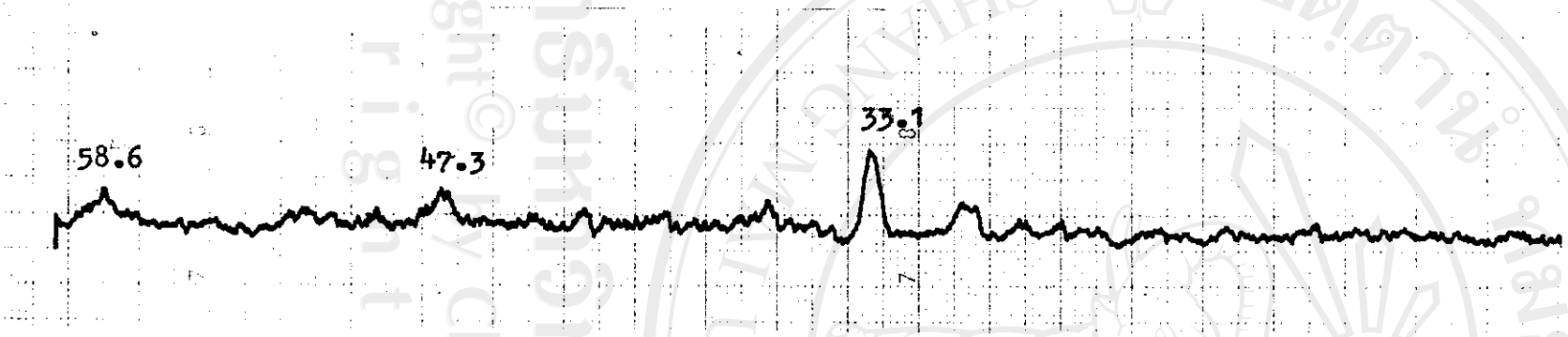


รูปที่ 4.3 แสดง **Diffraction Pattern** ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.04 **mole %**

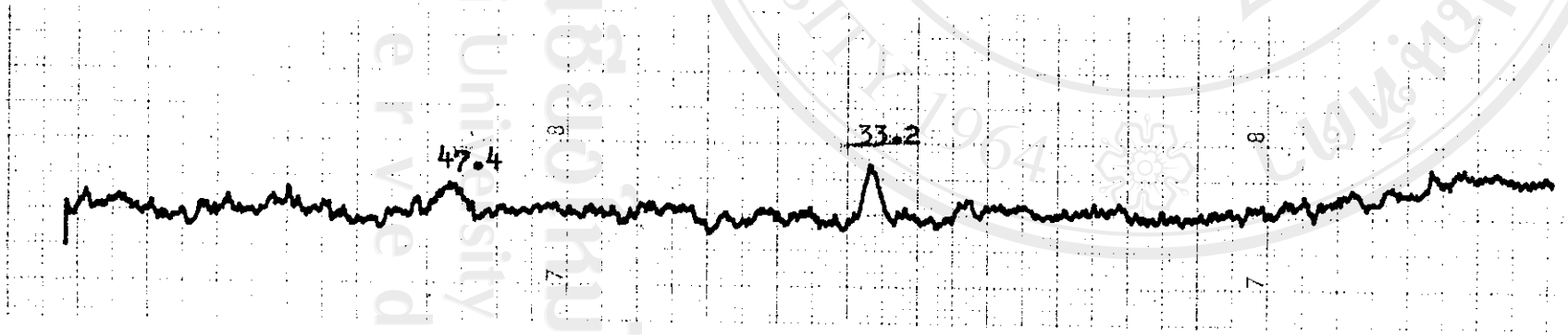


รูปที่ 4.4 แสดง **Diffraction Pattern** ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.06 **mole %**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

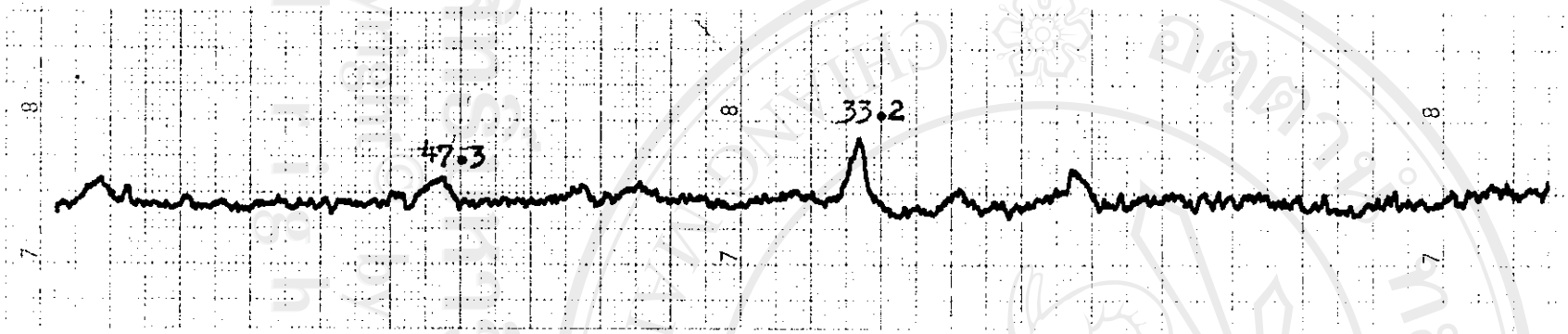


รูปที่ 4.5 แสดง **Diffraction Pattern** ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.08 **mole %**

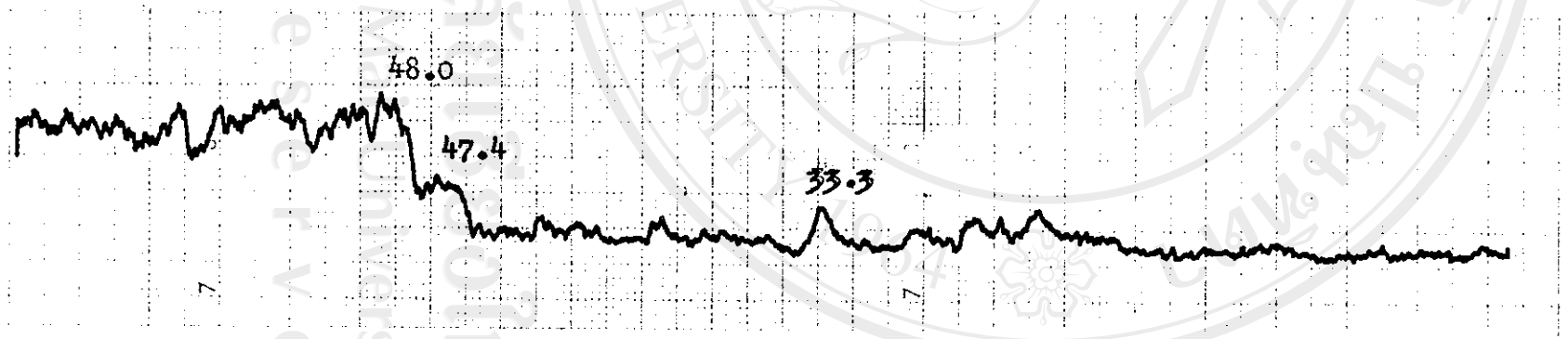


รูปที่ 4.6 แสดง **Diffraction Pattern** ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.10 **mole %**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.7 แสดง Diffraction Pattern ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.12 mole %



รูปที่ 4.8 แสดง Diffraction Pattern ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.14 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.9 แสดง Diffraction Pattern ของสารผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Y_2O_3 0.02 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

		d-spacing		
A.S.T.M card	$SrTiO_3$	2.759_x	1.952_5	1.594_4
	$CaTiO_3$	2.701_x	1.911_5	1.567_1
ส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$		2.696	1.909	1.567
ส่วนผสมเจือ Nb_2O_5 0.02 mole %		2.728	1.936	1.569
ส่วนผสมเจือ Nb_2O_5 0.04 mole %		2.712	1.928	1.579
ส่วนผสมเจือ Nb_2O_5 0.06 mole %		2.728	1.932	1.579
ส่วนผสมเจือ Nb_2O_5 0.08 mole %		2.704	1.920	1.574
ส่วนผสมเจือ Nb_2O_5 0.10 mole %		2.696	1.916	–
ส่วนผสมเจือ Nb_2O_5 0.12 mole %		2.696	1.920	–
ส่วนผสมเจือ Nb_2O_5 0.14 mole %		2.688	1.916	–
ส่วนผสมเจือ Y_2O_3 0.02 mole %		2.688	1.901	–

<u>หมายเหตุ</u> File number ของ $SrTiO_3$ คือ 5-634

File number ของ $CaTiO_3$ คือ 22-153

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า d-spacing ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ ทั้งที่เติมสารและไม่ได้เติม เทียบกับ d-spacing ของ $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ จากบัตร A.S.T.M.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิ

นำเม็ดสารตัวอย่างที่ผ่านขบวนการ sinter แล้วมาทำเป็นตัวเก็บประจุ แล้ววัดค่าความจุไฟฟ้าในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 30°C กับ 290°C โดยใช้ digital C-meter และคำนวณหาค่าคงที่ไดอิเลกตริก จากสมการ

$$\varepsilon_r = \frac{Cd}{\varepsilon_o A}$$

ได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.2 ถึง 4.10 และเมื่อนำค่าคงที่ไดอิเลกตริกที่ได้ไปเขียนกราฟกับอุณหภูมิได้รูปกราฟตามรูปที่ 4.10 ถึง 4.18

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Temp	C	ε_r
30	112.7	303.5
34	112.3	302.4
38	111.7	300.8
42	111.0	298.9
46	110.3	297.0
50	109.4	294.6
54	108.8	293.0
58	108.3	291.6
62	107.7	290.0
66	106.8	287.6
70	106.1	285.7
74	105.4	283.8
78	104.8	282.2
82	104.2	280.6
86	103.2	277.9
90	102.8	276.8
94	102.3	275.5
98	101.9	274.4
102	101.4	273.1
106	100.8	271.4
110	100.3	270.1
114	99.9	269.0
118	99.6	268.2
122	99.4	267.7
126	99.1	266.9
130	99.0	266.6
134	99.0	266.6
138	99.0	266.6
142	99.5	267.9
146	99.9	269.0
150	100.9	271.9
154	101.8	274.1
158	103.6	279.0
162	105.1	283.0
166	108.0	290.8
170	111.5	300.3
174	116.3	313.2
178	121.8	328.0
182	128.3	345.5
186	137.7	370.8
190	149.0	401.2
194	164.3	442.4
198	185.8	500.3
202	212.6	572.5
206	246.0	662.4
210	288.0	775.5
214	346.9	931.7
218	439.0	1182.2
222	557.0	1499.9
226	709.0	1909.2
230	928.0	2499.0
234	1164.0	3134.5
238	1497.0	4041.2
242	1870.0	5035.6
246	2370.0	6382.0
250	2790.0	7513.0
254	3260.0	8778.7
258	3780.0	10178.9
262	4370.0	11767.7
266	5060.0	13625.8
270	5500.0	14810.6
274	6210.0	16722.5
278	6620.0	17826.6
282	7060.0	19011.5
286	7480.0	20142.5

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Temp	C	ε_r
30	91.2	240.4
34	90.9	239.6
38	90.3	238.0
42	89.8	236.7
46	89.5	235.9
50	88.9	234.3
54	88.8	234.1
58	88.3	232.7
62	87.9	231.7
66	87.2	229.8
70	86.5	228.0
74	86.0	226.7
78	85.3	224.8
82	85.1	224.3
86	84.6	223.0
90	84.2	221.9
94	83.9	221.2
98	83.4	219.8
102	83.0	218.8
106	82.6	217.7
110	82.2	216.7
114	81.9	215.9

Temp	C	ε_r
118	81.6	215.1
122	81.3	214.3
126	81.1	213.8
130	80.6	212.5
134	80.2	211.4
138	80.2	211.4
142	80.4	211.9
146	80.3	211.7
150	80.1	211.1
154	80.4	211.9
158	81.0	213.5
162	81.4	214.6
166	81.6	215.1
170	82.3	216.9
174	83.5	220.1
178	85.1	224.3
182	87.1	228.6
186	88.7	233.8
190	92.9	244.9
194	96.6	254.6
198	101.4	267.3
202	107.5	283.4

Temp	C	ε_r
206	115.6	304.7
210	125.4	330.5
214	137.4	362.2
218	153.0	403.3
222	177.0	466.6
226	196.0	516.6
230	229.0	603.6
234	266.0	701.1
238	313.0	825.0
242	376.0	991.1
246	460.0	1212.5
250	561.0	1478.7
254	692.0	1824.0
258	866.0	2282.6
262	1022.0	2693.8
266	1280.0	3373.9
270	1480.0	3901.0
274	1630.0	4296.4
278	1980.0	5218.9
282	2200.0	5798.8
286	2380.0	6273.3

ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.02 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Temp	C	ε_r
30	77.8	224.0
34	77.6	223.5
38	77.0	221.7
42	76.6	220.6
46	76.2	219.4
50	75.5	217.4
54	75.1	216.3
58	74.7	215.1
62	74.3	214.0
66	73.7	212.2
70	73.5	211.7
74	73.9	212.8
78	72.4	208.5
82	72.0	207.3
86	71.4	205.6
90	71.0	204.5
94	70.8	203.9
98	70.4	202.7
102	69.8	201.0
106	69.6	200.4
110	69.3	199.6
114	68.9	198.4

Temp	C	ε_r
118	68.6	197.5
122	68.2	196.4
126	67.8	195.2
130	67.8	195.2
134	67.7	195.0
138	67.6	194.7
142	67.5	194.4
146	67.6	194.7
150	67.6	194.7
154	67.7	195.0
158	68.2	196.4
162	68.6	197.5
166	69.4	199.8
170	70.2	202.2
174	71.1	204.7
178	72.4	208.5
182	74.3	214.0
186	76.1	219.1
190	79.0	227.5
194	82.0	236.1
198	86.0	247.6
202	90.6	260.9

Temp	C	ε_r
206	95.5	275.0
210	99.1	285.4
214	111.2	320.2
218	122.3	352.2
222	138.0	397.4
226	157.0	452.1
230	178.0	512.6
234	209.0	601.8
238	240.0	691.1
242	290.0	835.1
246	342.0	984.8
250	404.0	1163.3
254	477.0	1373.6
258	563.0	1621.2
262	701.0	2018.6
266	827.0	2381.4
270	984.0	2833.5
274	1168.0	3363.3
278	1365.0	3930.6
282	1583.0	4558.3
286	1911.0	5502.8

ตารางที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.04 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Temp	C	ε_r
30	89.6	254.5
34	89.2	253.3
38	88.6	251.6
42	88.2	250.5
46	87.3	247.9
50	86.6	246.0
54	86.2	244.8
58	85.7	243.4
62	85.2	242.0
66	84.7	240.6
70	84.0	238.6
74	83.9	238.3
78	83.6	237.4
82	83.2	236.3
86	82.7	234.9
90	82.3	233.7
94	81.4	231.2
98	81.4	231.2
102	81.0	230.0
106	80.7	229.2
110	80.3	228.1
114	80.0	227.2

Temp	C	ε_r
118	79.6	226.1
122	79.1	224.7
126	78.9	224.1
130	78.7	223.5
134	78.4	222.7
138	78.2	222.1
142	78.1	221.8
146	77.9	221.2
150	77.9	221.2
154	78.0	221.5
158	78.1	221.8
162	78.3	222.4
166	78.7	223.5
170	79.3	225.2
174	80.0	227.2
178	81.0	230.0
182	82.2	233.4
186	83.8	238.0
190	85.7	243.4
194	88.3	250.8
198	92.2	261.9
202	96.2	273.2

Temp	C	ε_r
206	101.2	287.4
210	108.0	306.7
214	116.0	329.4
218	127.0	360.7
222	136.0	386.2
226	149.0	423.2
230	168.0	477.1
234	190.0	539.6
238	214.0	607.8
242	248.0	704.3
246	284.0	806.6
250	321.0	911.7
254	378.0	1073.5
258	456.0	1295.1
262	536.0	1522.3
266	584.0	1658.6
270	678.0	1925.6
274	783.0	2223.7
278	816.0	2317.5
282	936.0	2658.3
286	1152.0	3271.7

ตารางที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.06 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Temp	C	ε_r
30	75.3	188.4
34	75.1	187.9
38	74.9	187.4
42	74.6	186.6
46	74.3	185.9
50	74.0	185.1
54	73.7	184.4
58	73.5	183.9
62	73.2	183.1
66	73.0	182.6
70	72.8	182.1
74	72.5	181.4
78	72.3	180.9
82	72.2	180.6
86	72.3	180.9
90	72.3	180.9
94	72.4	181.1
98	72.4	181.1
102	72.6	181.6
106	73.0	182.6
110	73.6	184.1
114	74.4	186.1

Temp	C	ε_r
118	75.2	188.1
122	75.9	189.9
126	77.1	192.9
130	78.8	197.1
134	80.5	201.4
138	82.5	206.4
142	84.5	211.4
146	87.1	217.9
150	90.2	225.6
154	93.4	233.6
158	97.2	243.1
162	101.9	254.9
166	107.0	267.7
170	111.6	279.2
174	119.5	298.9
178	127.8	319.7
182	138.1	345.5
186	154.0	385.2
190	166.0	415.3
194	185.0	462.8
198	206.0	515.3
202	234.0	585.4

Temp	C	ε_r
206	262.0	655.4
210	300.0	750.4
214	345.0	863.0
218	408.0	1020.6
222	454.0	1135.7
226	546.0	1365.8
230	624.0	1560.9
234	726.0	1816.1
238	816.0	2041.2
242	950.0	2376.4
246	1119.0	2799.2
250	1211.0	3029.3
254	1354.0	3387.0
258	1563.0	3909.8
262	1736.0	4342.6
266	1916.0	4792.8
270	2230.0	5578.3
274	2590.0	6478.8
278	2960.0	7404.4
282	3060.0	7654.5
286	3470.0	8680.1

ตารางที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.08 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Temp	C	ε_r
30	40.1	223.6
34	39.8	222.0
38	38.6	215.3
42	37.4	208.6
46	37.0	205.3
50	36.6	204.1
54	36.1	201.3
58	35.4	197.4
62	34.8	194.1
66	34.2	190.7
70	33.7	187.9
74	33.1	184.6
78	32.7	182.4
82	32.3	180.1
86	31.9	177.9
90	31.7	176.8
94	31.4	175.1
98	31.2	174.0
102	31.1	173.4
106	31.0	172.9
110	31.0	172.9
114	30.9	172.3

Temp	C	ε_r
118	30.9	172.3
122	30.9	172.3
126	30.9	172.3
130	31.0	172.9
134	31.0	172.9
138	31.2	174.0
142	31.4	175.1
146	31.6	176.2
150	31.9	177.9
154	32.2	179.6
158	32.6	181.8
162	33.2	185.1
166	33.8	188.5
170	34.4	191.8
174	35.3	196.9
178	36.3	202.4
182	37.5	209.1
186	38.7	215.8
190	40.2	224.2
194	41.9	233.7
198	44.0	245.4
202	46.3	258.2

Temp	C	ε_r
206	49.0	273.3
210	51.9	289.4
214	55.0	306.7
218	58.8	327.9
222	63.2	352.4
226	67.6	377.0
230	73.1	407.7
234	79.5	443.3
238	86.6	482.9
242	94.6	527.5
246	101.8	567.7
250	109.4	610.1
254	119.6	667.0
258	132.1	736.7
262	144.8	807.5
266	162.0	903.4
270	177.0	987.1
274	194.0	1081.9
278	212.0	1182.2
282	222.0	1237.9
286	250.0	1394.1

ตารางที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.10 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Temp	C	ε_r
30	176.0	731.2
34	175.0	727.0
38	176.0	731.2
42	176.0	731.2
46	176.0	731.2
50	176.0	731.2
54	175.0	727.0
58	174.0	722.9
62	171.0	710.4
66	167.0	693.8
70	163.0	677.2
74	158.0	656.4
78	153.0	635.6
82	147.0	610.7
86	142.0	589.9
90	134.0	556.7
94	126.0	523.5
98	118.0	490.2
102	108.0	448.7
106	97.0	403.0
110	87.0	361.4
114	78.0	324.0

Temp	C	ε_r
118	77.0	319.9
122	70.0	290.8
126	63.0	261.7
130	59.0	245.1
134	57.0	236.8
138	55.0	228.5
142	54.0	224.3
146	53.0	220.2
150	53.0	220.2
154	52.0	216.0
158	52.0	216.0
162	52.0	216.0
166	51.0	211.9
170	51.0	211.9
174	51.0	211.9
178	51.0	211.9
182	51.0	211.9
186	51.0	211.9
190	51.0	211.9
194	51.0	211.9
198	51.0	211.9
202	51.0	211.9

Temp	C	ε_r
206	51.0	211.9
210	51.0	211.9
214	52.0	216.0
218	52.0	216.0
222	53.0	220.2
226	53.0	220.2
230	54.0	224.3
234	55.0	228.5
238	55.0	228.5
242	56.0	232.6
246	57.0	236.8
250	58.0	241.0
254	58.0	241.0
258	59.0	245.1
262	60.0	249.3
266	61.0	253.4
270	62.0	257.6
274	63.0	261.7
278	64.0	265.9
282	66.0	274.2
286	68.0	282.5

ตารางที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.12 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Temp	C	ε_r
30	30.7	122.9
34	305.	122.1
38	30.4	121.7
42	30.2	121.0
46	30.1	120.5
50	29.9	119.7
54	29.8	119.3
58	29.6	118.5
62	29.4	117.7
66	29.3	117.3
70	29.2	116.9
74	29.0	116.1
78	28.9	115.7
82	28.8	115.3
86	28.6	114.5
90	28.6	114.5
94	28.4	113.7
98	28.3	113.3
102	28.2	112.9
106	28.1	112.5
110	28.0	112.1
114	27.9	111.7

Temp	C	ε_r
118	27.9	111.7
122	27.8	111.3
126	27.8	111.3
130	27.8	111.3
134	27.8	111.3
138	28.0	112.1
142	28.0	112.1
146	28.2	112.9
150	28.4	113.7
154	28.6	114.5
158	28.9	115.7
162	29.2	116.9
166	29.7	118.9
170	30.1	120.5
174	30.8	123.3
178	31.6	126.6
182	32.4	129.8
186	33.5	134.2
190	34.6	138.6
194	36.0	144.2
198	37.8	151.4
202	39.6	158.6

Temp	C	ε_r
206	41.7	167.0
210	44.0	176.2
214	46.9	187.8
218	50.2	201.0
222	53.8	215.5
226	57.7	231.1
230	62.4	249.9
234	66.7	267.1
238	72.2	289.1
242	78.5	314.4
246	85.3	341.6
250	91.1	364.8
254	99.4	398.1
258	106.2	425.3
262	114.0	456.5
266	122.0	491.0
270	131.0	528.2
274	135.9	544.2
278	143.0	572.7
282	149.8	599.9
286	156.0	624.7

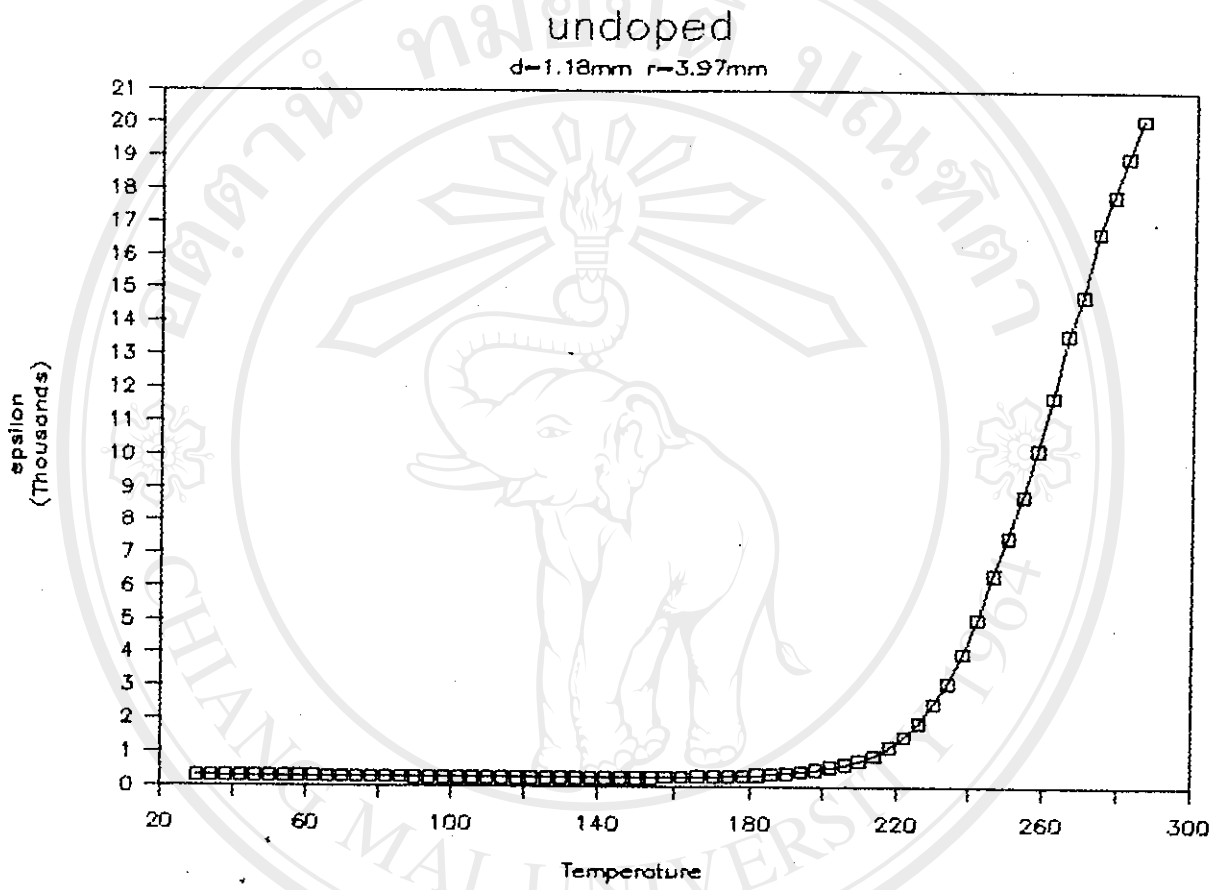
ตารางที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.14 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Temp	C	ε_r
30	29.4	151.6
34	28.9	149.0
38	28.6	147.4
42	28.2	145.4
46	27.9	143.8
50	27.6	142.3
54	27.3	140.7
58	27.1	139.7
62	26.8	138.2
66	26.6	137.1
70	26.4	136.1
74	26.0	134.0
78	25.9	133.5
82	25.6	132.0
86	25.5	131.5
90	25.5	131.5
94	25.4	131.0
98	25.2	129.9
102	25.2	129.9
106	25.1	129.4
110	24.9	128.4
114	24.9	128.4
118	24.9	128.4
122	24.8	127.9
126	24.7	127.3
130	24.6	126.8
134	24.6	126.8
138	24.6	126.8
142	24.5	126.3
146	24.6	126.8
150	24.6	126.8
154	24.6	126.8
158	24.6	126.8
162	24.8	127.9
166	25.0	128.9
170	25.1	129.4
174	25.4	131.0
178	25.8	133.0
182	26.0	134.0
186	26.4	136.1
190	26.8	138.2
194	27.5	141.8
198	28.2	145.4
202	29.3	151.1
206	30.3	156.2
210	31.8	163.9
214	33.3	171.7
218	35.0	180.4
222	37.8	194.9
226	39.9	205.7
230	43.5	224.3
234	46.9	241.8
238	50.1	258.3
242	55.0	283.5
246	60.3	310.9
250	64.6	333.0
254	74.7	385.1
258	79.8	411.4
262	86.7	447.0
266	95.0	489.8
270	108.8	560.9
274	117.4	605.2
278	127.6	657.8
282	139.4	718.7
286	144.9	747.0

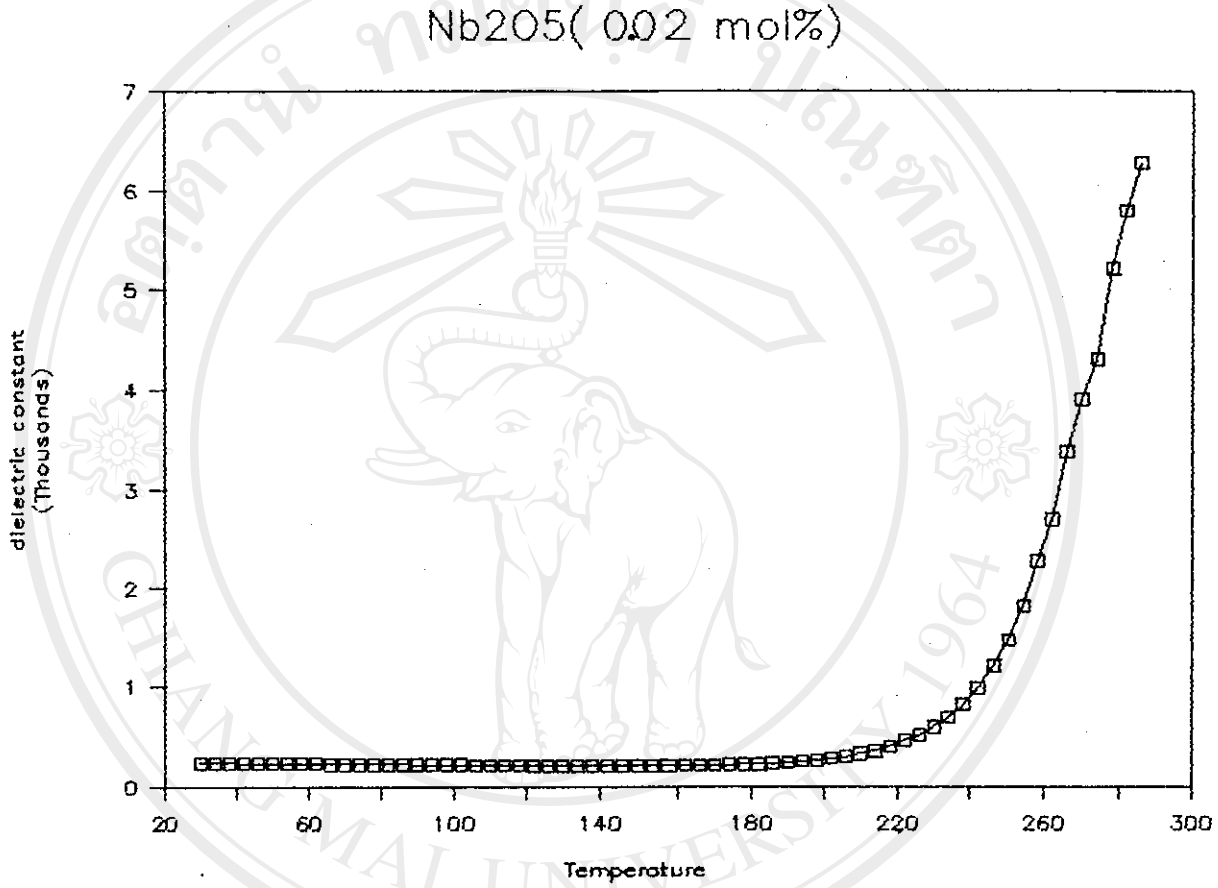
ตารางที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Y_2O_3 0.02 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



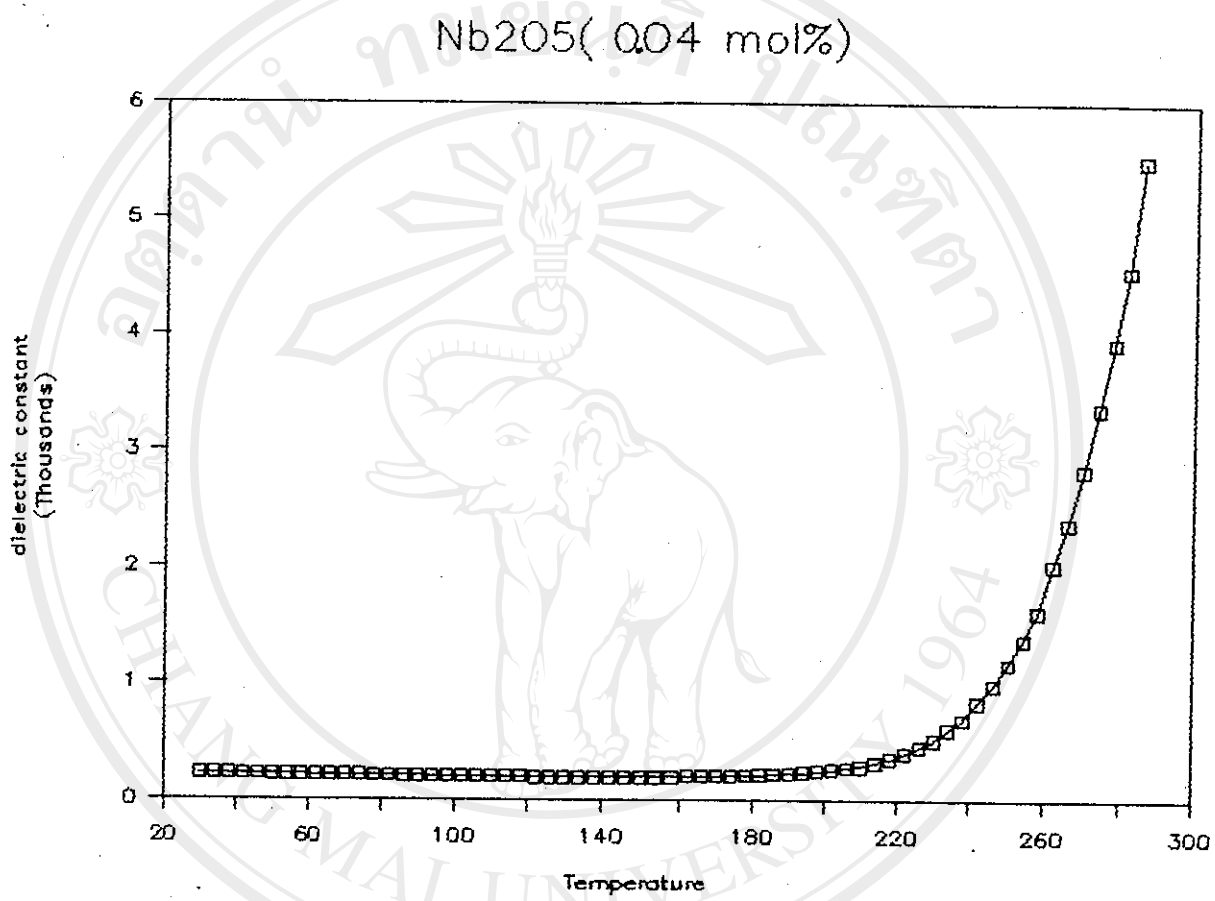
รูปที่ 4. 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



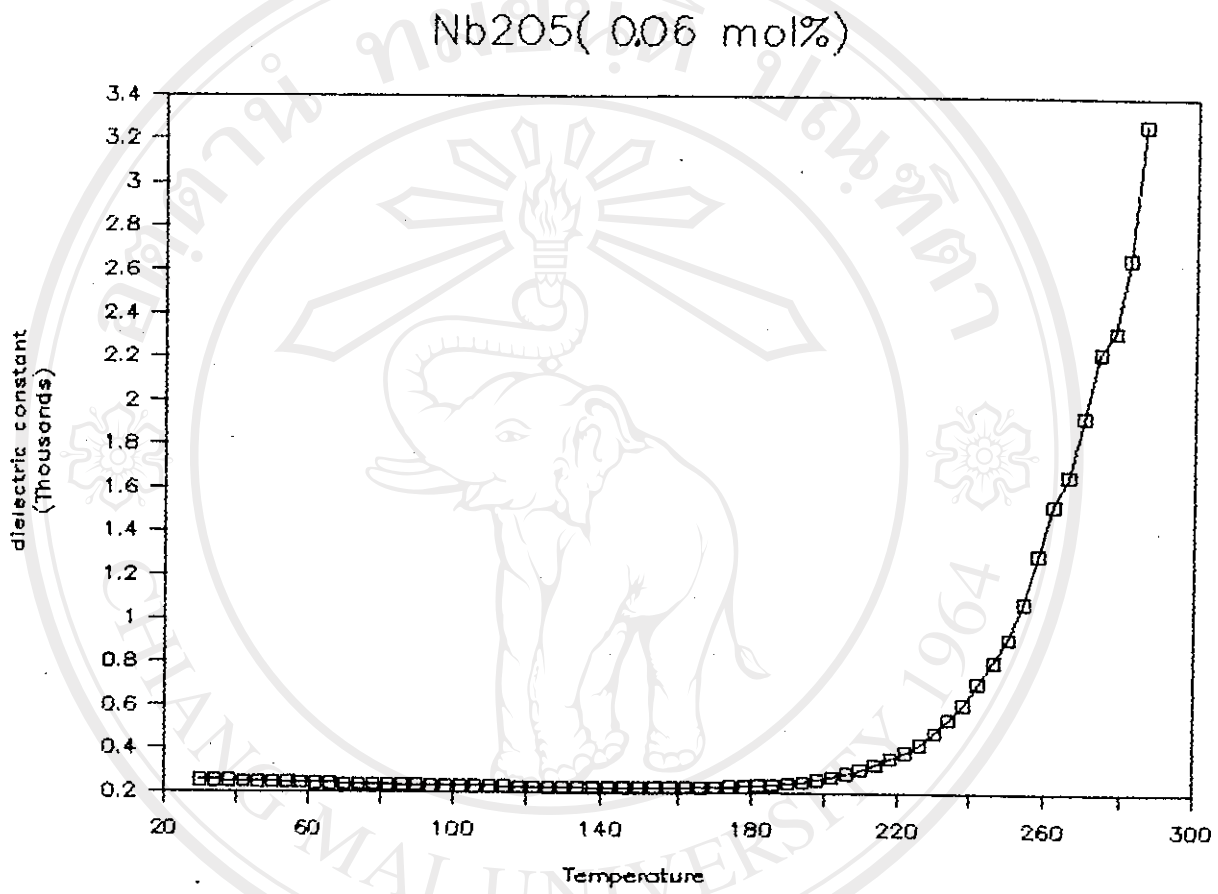
รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.02 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



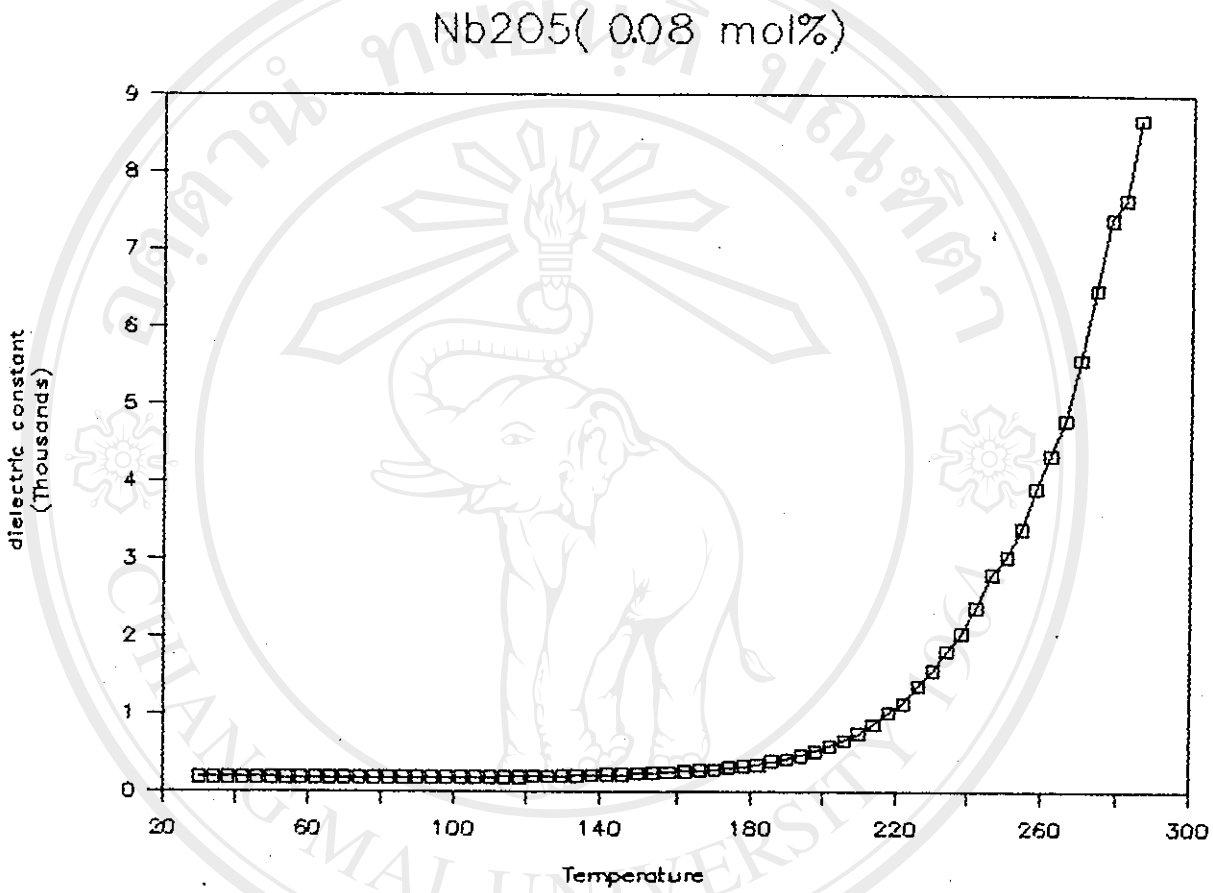
รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.04 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



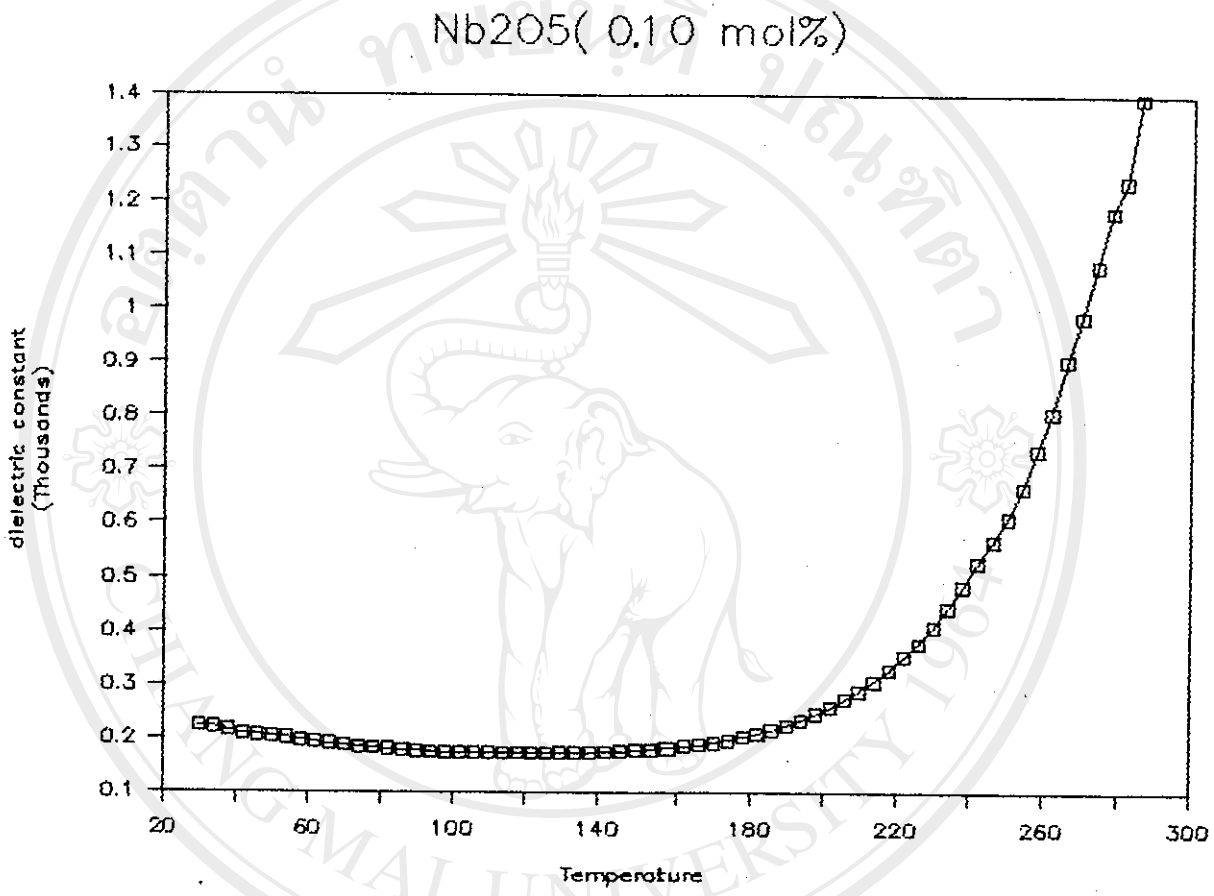
รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.06 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



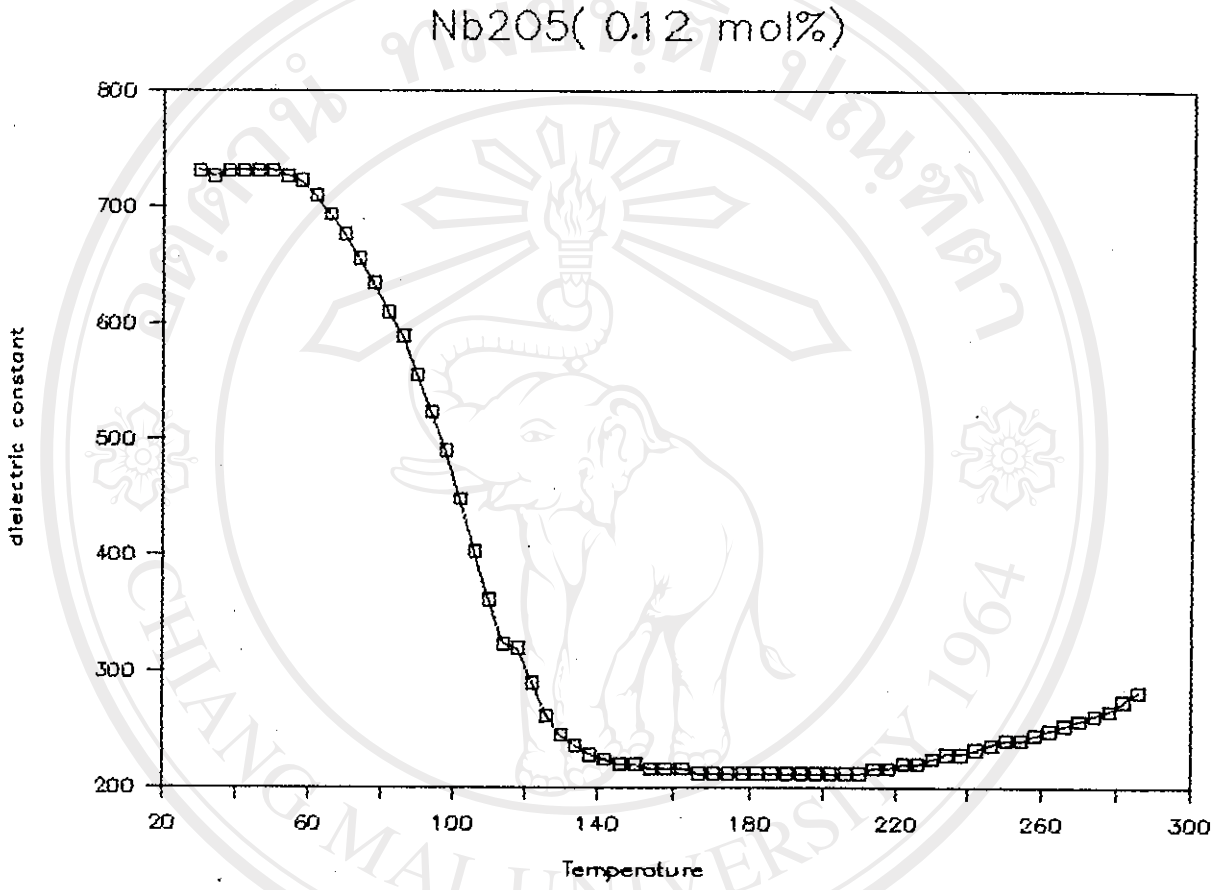
รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.08 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



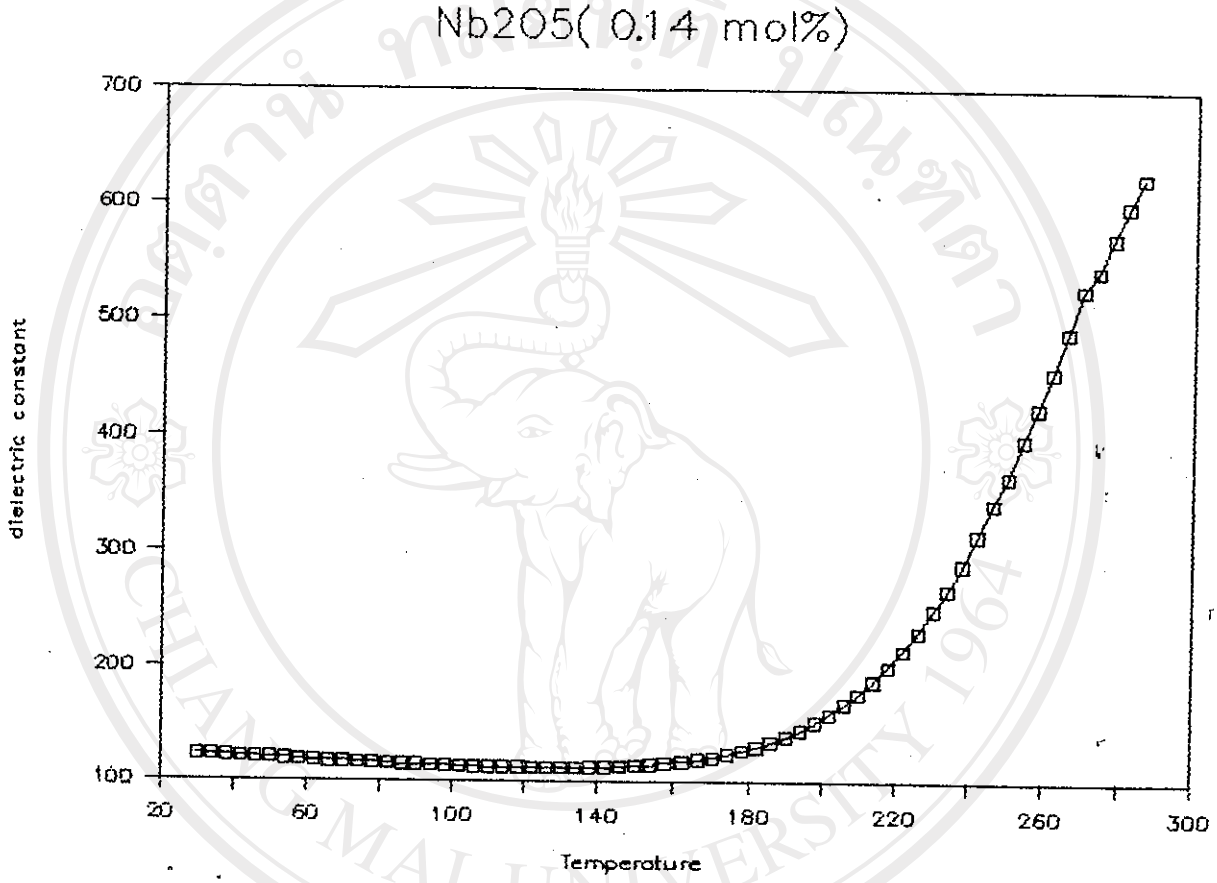
รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.10 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



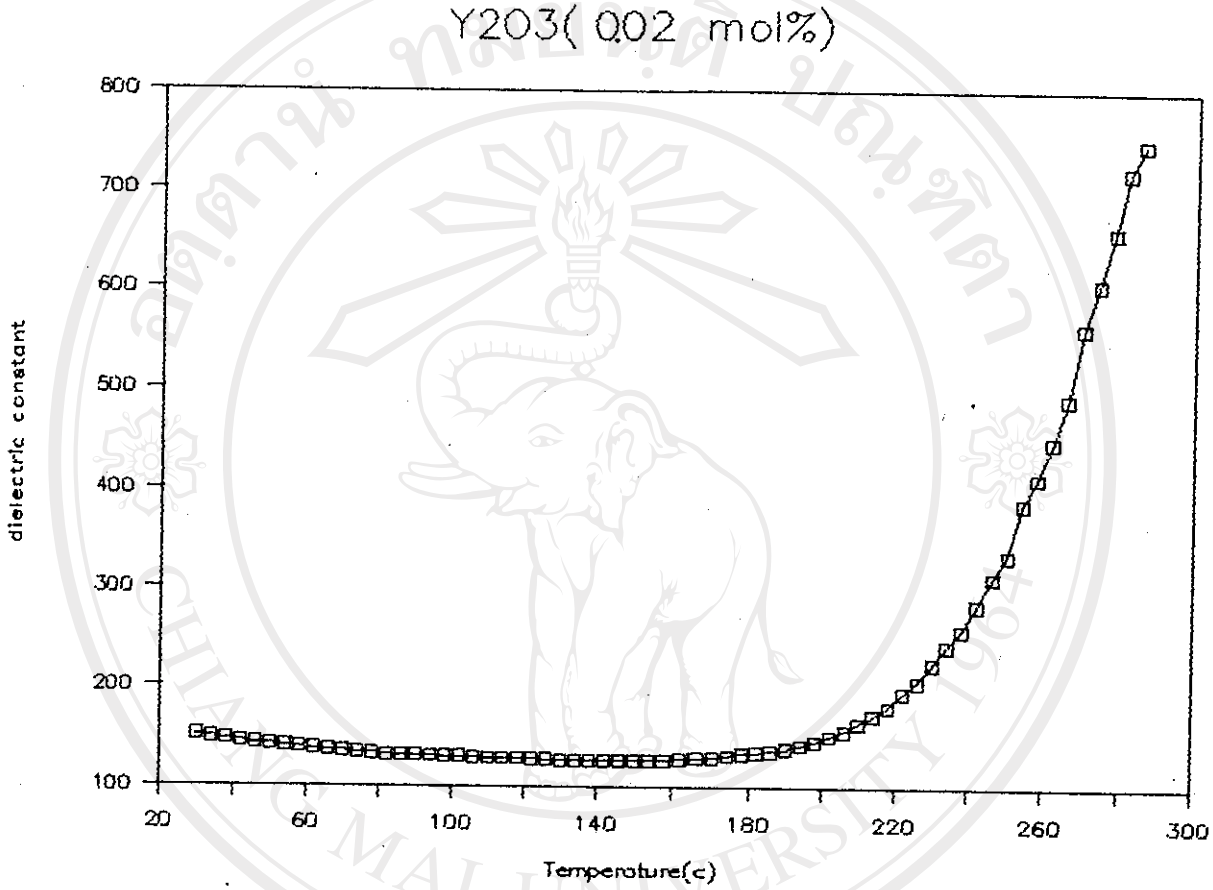
รูปที่ 4. 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.12 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับอุณหภูมิของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.14 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับอุณหภูมิของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Y_2O_3 0.02 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่

นำเม็ดสารตัวอย่างที่ได้ทำเป็นตัวเก็บประจุแล้ว มาทำการวัดค่าความจุไฟฟ้า โดยให้อุณหภูมิคงที่เท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ในช่วงระหว่าง 100 เฮริตซ์กับ 1 เมกะเฮริตซ์ แล้วคำนวณหาค่าคงที่ไดอิเลกตริก ได้ค่าตามตารางที่ 4.11 ถึง 4.19 และเมื่อเขียนกราฟระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับค่า log ของความถี่ จะได้รูปกราฟตามรูปที่ 4.19 ถึง 4.27

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความหนา 1.18 ซม. พื้นที่หน้าตัด 49.514 ซม^2

ความถี่ f (เฮริตซ์)	ความต้านทาน S (โอห์ม)				ความจุไฟฟ้า C_x (pF)	ค่าคงที่ไดอิเลกตริก ε_r	log f
	S_1	S_2	S_3	เฉลี่ย			
100	444	452	448	448	1509.8	406.1	2.0
500	110.4	108.8	112.5	110.6	372.7	100.3	2.7
1000	64.5	66.2	65.8	65.5	220.7	59.4	3.0
5000	26.4	27.2	25.9	26.5	89.3	24.0	3.7
10000	24.1	22.9	23.7	23.6	79.5	21.4	4.0
50000	494	496	499	496.3	1672.5	449.9	4.7
100000	626	623	629	626	2109.6	567.5	5.0
500000	756	752	749	752.3	2535.3	682.0	5.7
1000000	789	791	786	788.7	2657.9	715.0	6.0

ตารางที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$

ความหนา 1.25 ซม. พื้นที่หน้าตัด 53.586 ซม^2

ความถี่ f (เฮริตซ์)	ความต้านทาน S (โอห์ม)				ความจุไฟฟ้า C_x (pF)	ค่าคงที่ไดอิเลกตริก ε_r	log f
	S_1	S_2	S_3	เฉลี่ย			
100	552	547	561	553.3	1864.6	492.3	2.0
500	98.6	97.9	98.2	98.2	330.9	87.4	2.7
1000	20.8	21.1	20.5	20.8	70.1	18.5	3.0
5000	292	295	289	292	984.0	259.7	3.7
10000	420	421	418	419.7	1414.4	363.4	4.0
50000	370	376	373	373	1257.0	331.8	4.7
100000	589	591	591	590.3	1989.3	525.2	5.0
500000	654	649	652	651.7	2196.3	579.8	5.7
1000000	693	685	694	690.7	2327.7	614.5	6.0

ตารางที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.02 mole %

ความหนา 1.47 ซม. พื้นที่หน้าตัด 57.683 ซม^2

ความถี่ f (เฮริตซ์)	ความต้านทาน S (โอห์ม)				ความจุไฟฟ้า C_x (pF)	ค่าคงที่ไดอิเลกตริก ε_r	log f
	S_1	S_2	S_3	เฉลี่ย			
100	392	390	389	390.3	1315.3	378.8	2.0
500	55.4	54.8	55.0	55.1	185.7	53.5	2.7
1000	1.4	1.4	1.4	1.4	4.7	1.4	3.0
5000	161	164	164	163	549.3	158.2	3.7
10000	185	184	191	186.7	629.2	181.2	4.0
50000	239	232	236	235.7	794.3	228.8	4.7
100000	279	275	272	275.3	927.8	267.2	5.0
500000	295	305	298	299.3	1008.6	290.5	5.7
1000000	331	331	331	331	1115.5	321.3	6.0

ตารางที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.04 mole %

ความหนา 1.46 ซม. พื้นที่หน้าตัด 58.088 ซม^2

ความถี่ f (เฮริตซ์)	ความต้านทาน S (โอห์ม)				ความจุไฟฟ้า C_x (pF)	ค่าคงที่ไดอิเลกตริก ε_r	log f
	S_1	S_2	S_3	เฉลี่ย			
100	517	519	514	516.7	1741.3	494.5	2.0
500	92.1	90.6	90.9	91.2	307.3	87.3	2.7
1000	14.6	14.3	14.5	14.5	48.9	13.9	3.0
5000	73.0	73.2	72.9	73.0	246.0	69.9	3.7
10000	264	261	262	262.3	883.9	251.0	4.0
50000	411	408	409	409.3	1379.3	391.7	4.7
100000	533	533	537	534.3	1800.6	511.4	5.0
500000	614	612	614	613.3	2066.8	587.0	5.7
1000000	642	642	642	642	2163.5	614.4	6.0

ตารางที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.06 mole %

ความหนา 1.31 ซม. พื้นที่หน้าตัด 59.174 ซม^2

ความถี่ f (เฮริตซ์)	ความต้านทาน S (โอห์ม)				ความจุไฟฟ้า C_x (pF)	ค่าคงที่ไดอิเลกตริก ε_r	log f
	S_1	S_2	S_3	เฉลี่ย			
100	387	391	378	385.3	1298.5	324.6	2.0
500	65.6	64.9	65.1	65.2	219.7	54.9	2.7
1000	3.8	3.5	3.5	3.6	12.1	3.1	3.0
5000	2.2	2.2	2.1	2.17	7.2	1.8	3.7
10000	264	259	263	262	882.9	220.7	4.0
50000	530	533	529	530.7	1788.5	447.1	4.7
100000	539	540	543	540.7	1822.2	455.6	5.0
500000	540	543	538	540.3	1820.8	455.2	5.7
1000000	588	592	591	590.3	1989.3	497.3	6.0

ตารางที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.08 mole %

ความหนา 1.49 ซม. พื้นที่หน้าตัด 30.191 ซม^2

ความถี่ f (เฮริตซ์)	ความต้านทาน S (โอห์ม)				ความจุไฟฟ้า C_x (pF)	ค่าคงที่ไดอิเลกตริก ε_r	log f
	S_1	S_2	S_3	เฉลี่ย			
100	612	609	613	611.3	2060.1	1149.5	2.0
500	50.4	50.7	49.9	50.3	169.5	94.6	2.7
1000	54.0	53.7	53.3	53.7	181.0	101.0	3.0
5000	204	209	201	204.7	689.8	384.9	3.7
10000	209	211	210	210.0	707.7	394.5	4.0
50000	305	308	312	308.3	1039.0	579.8	4.7
100000	360	358	355	357.7	1205.4	672.6	5.0
500000	378	379	384	380.3	1281.6	715.1	5.7
1000000	347	356	349	350.7	1181.9	659.5	6.0

ตารางที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.10 mole %

ความหนา 1.11 ซม. พื้นที่หน้าตัด 30.191 ซม^2

ความถี่ f (เฮริตซ์)	ความต้านทาน S (โอห์ม)				ความจุไฟฟ้า C_x (pF)	ค่าคงที่ไดอิเลกตริก ε_r	log f
	S_1	S_2	S_3	เฉลี่ย			
100	571	571	574	572	1927.6	780.0	2.0
500	1.5	1.3	1.3	1.37	4.6	1.9	2.7
1000	44.6	44.4	45.1	44.7	150.6	62.5	3.0
5000	293	297	289	293	987.4	409.8	3.7
10000	434	435	438	435.7	1468.3	609.3	4.0
50000	403	403	401	402.3	1355.8	562.7	4.7
100000	536	535	541	537.3	1810.7	751.4	5.0
500000	532	529	533	531.3	1790.5	734.1	5.7
1000000	520	517	518	518.3	1746.7	724.9	6.0

ตารางที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.12 mole %

ความหนา 1.07 ซม. พื้นที่หน้าตัด 30.191 ซม^2

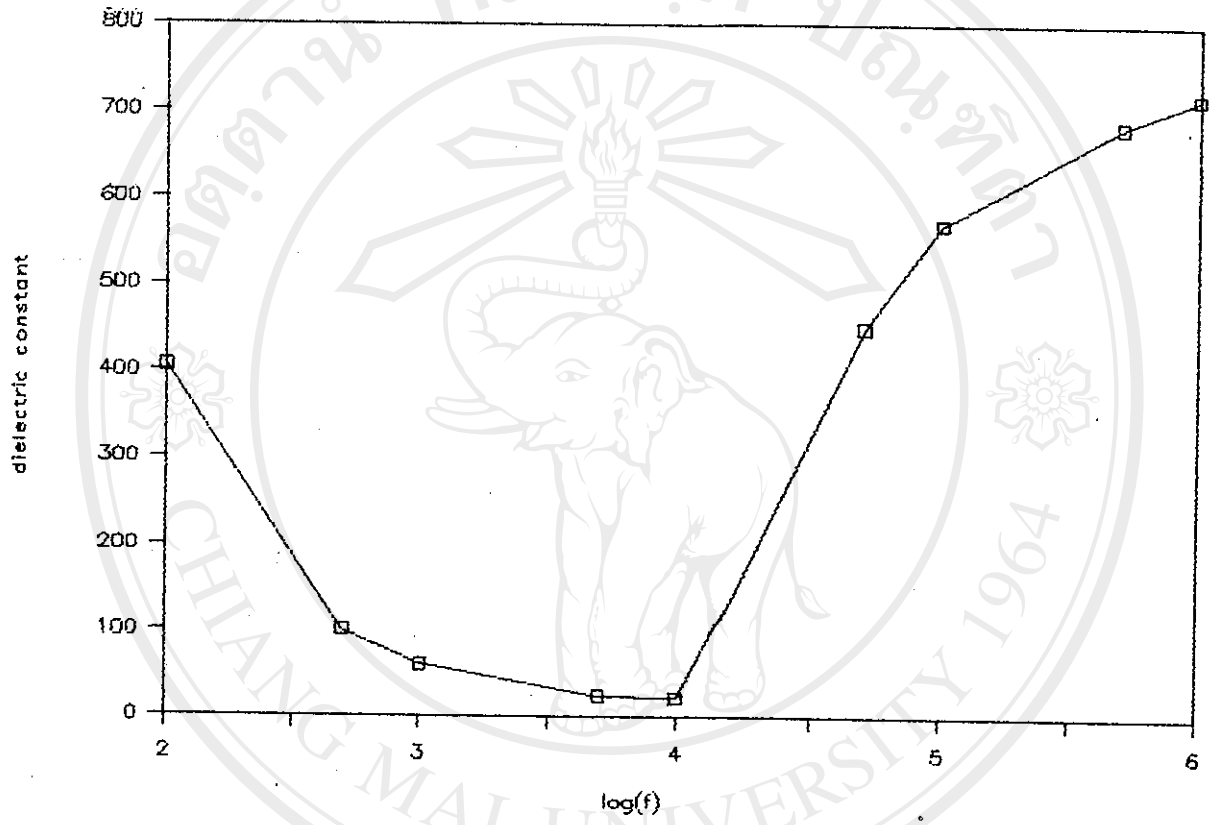
ความถี่ f (เฮริตซ์)	ความต้านทาน S (โอห์ม)				ความจุไฟฟ้า C_x (pF)	ค่าคงที่ไดอิเลกตริก ε_r	log f
	S_1	S_2	S_3	เฉลี่ย			
100	138	141	137	138.7	467.4	187.0	2.0
500	32	31.4	32.2	31.87	107.4	43.0	2.7
1000	3.5	2.9	3.6	3.33	11.2	4.5	3.0
5000	2.7	2.8	2.7	2.73	9.2	3.7	3.7
10000	4.8	4.9	4.7	4.8	16.2	6.5	4.0
50000	288	290	288	288.7	972.9	389.2	4.7
100000	340	339	343	340.7	1148.2	459.3	5.0
500000	338	336	338	337.3	1136.7	454.7	5.7
1000000	350	353	351	351.3	1183.9	473.6	6.0

ตารางที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.14 mole %

ความหนา 1.29 ซม. พื้นที่หน้าตัด 28.274 ซม^2

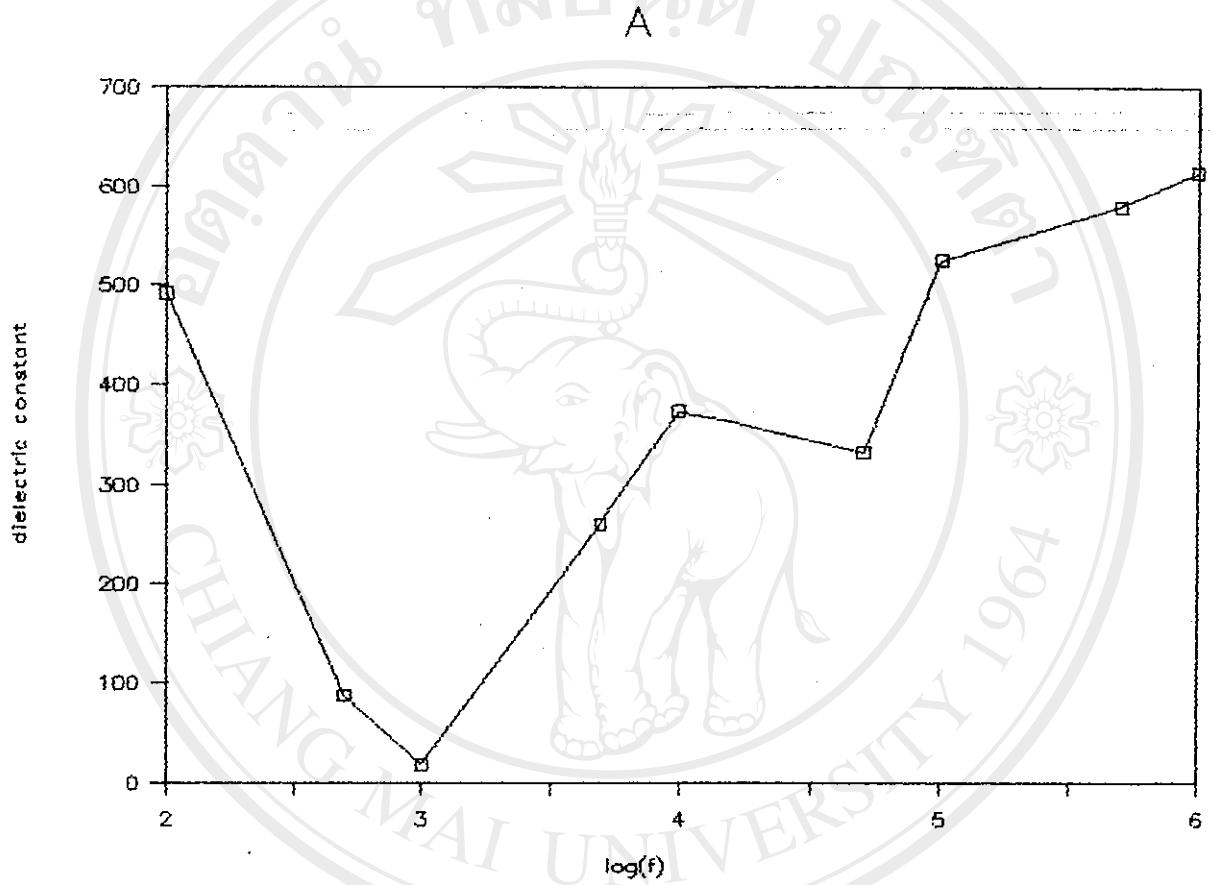
ความถี่ f (เฮริตซ์)	ความต้านทาน S (โอห์ม)				ความจุไฟฟ้า C_x (pF)	ค่าคงที่ไดอิเลกตริก ε_r	log f
	S_1	S_2	S_3	เฉลี่ย			
100	556	549	553	552.7	1862.6	961.1	2.0
500	85.0	84.7	85.2	84.97	286.3	147.7	2.7
1000	42.6	41.9	42.3	42.27	142.4	73.5	3.0
5000	20.8	21.1	20.7	20.87	70.3	36.3	3.7
10000	128.3	129.1	128.1	128.5	433.0	223.4	4.0
50000	212	210	207	209.7	706.7	364.7	4.7
100000	300	306	304	303.3	1022.1	527.4	5.0
500000	364	369	363	365.3	1231.1	635.2	5.7
1000000	334	326	329	329.7	1111.1	573.3	6.0

ตารางที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Y_2O_3 0.02 mole %



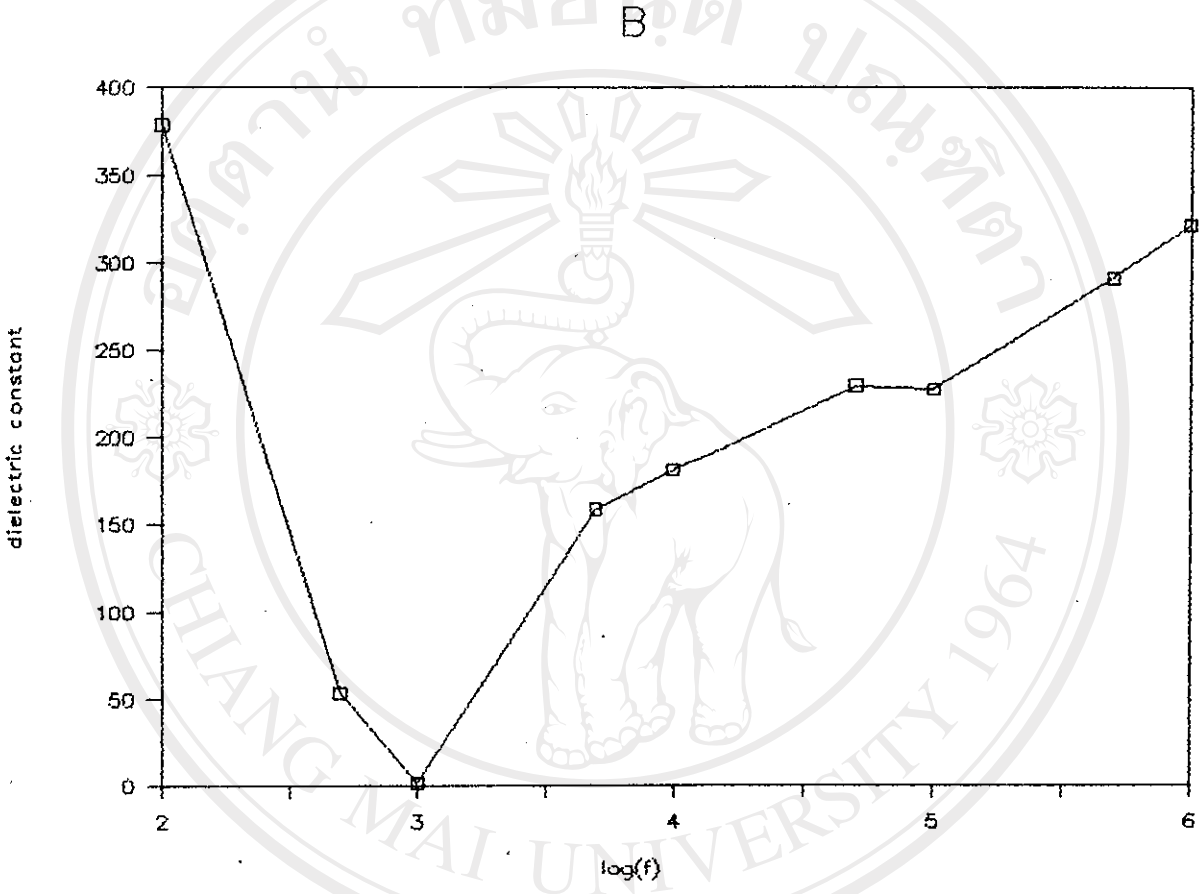
รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



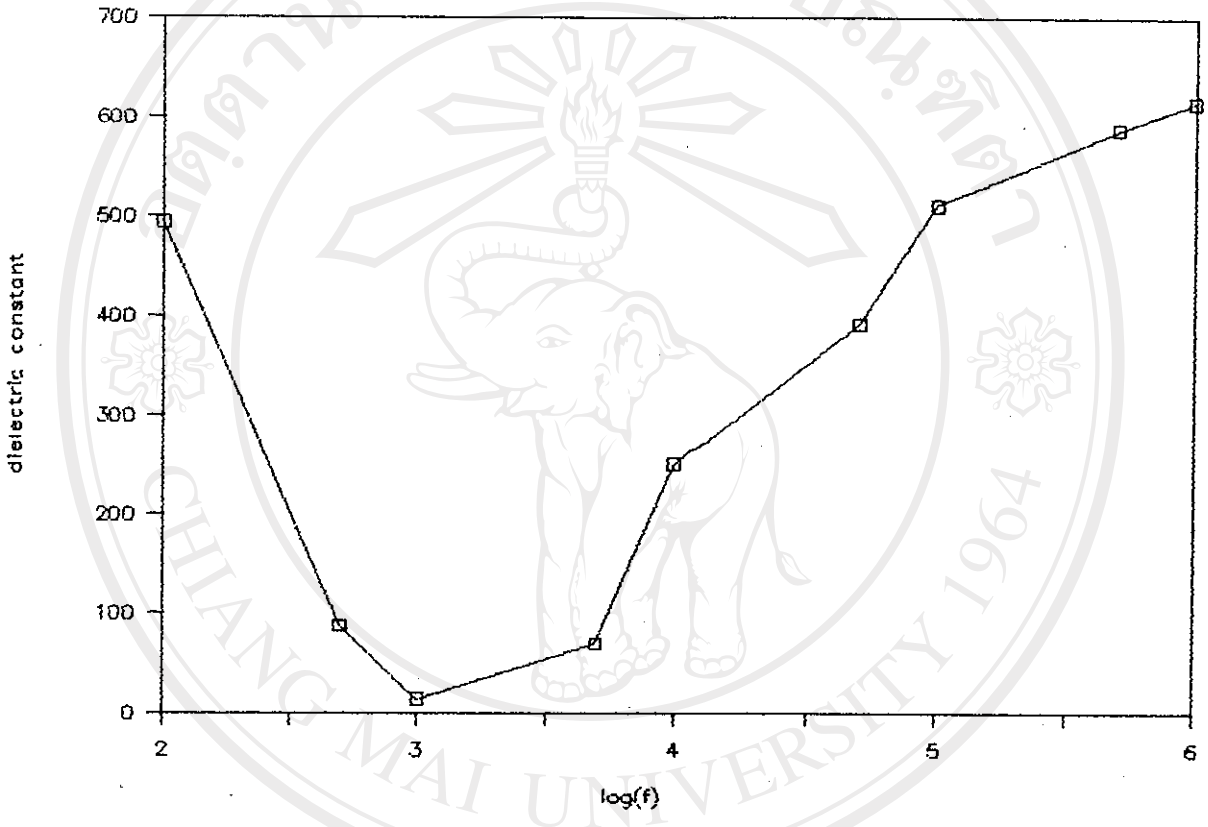
รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.02 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



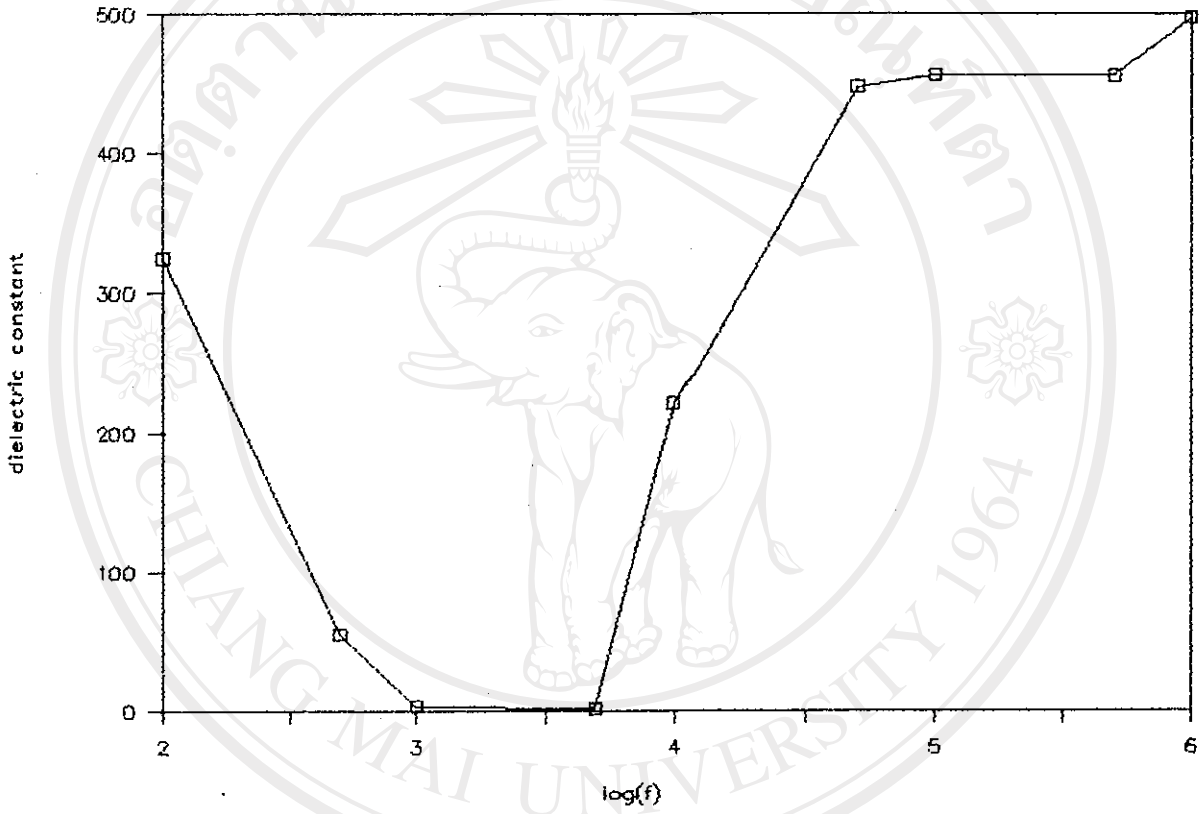
รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.04 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



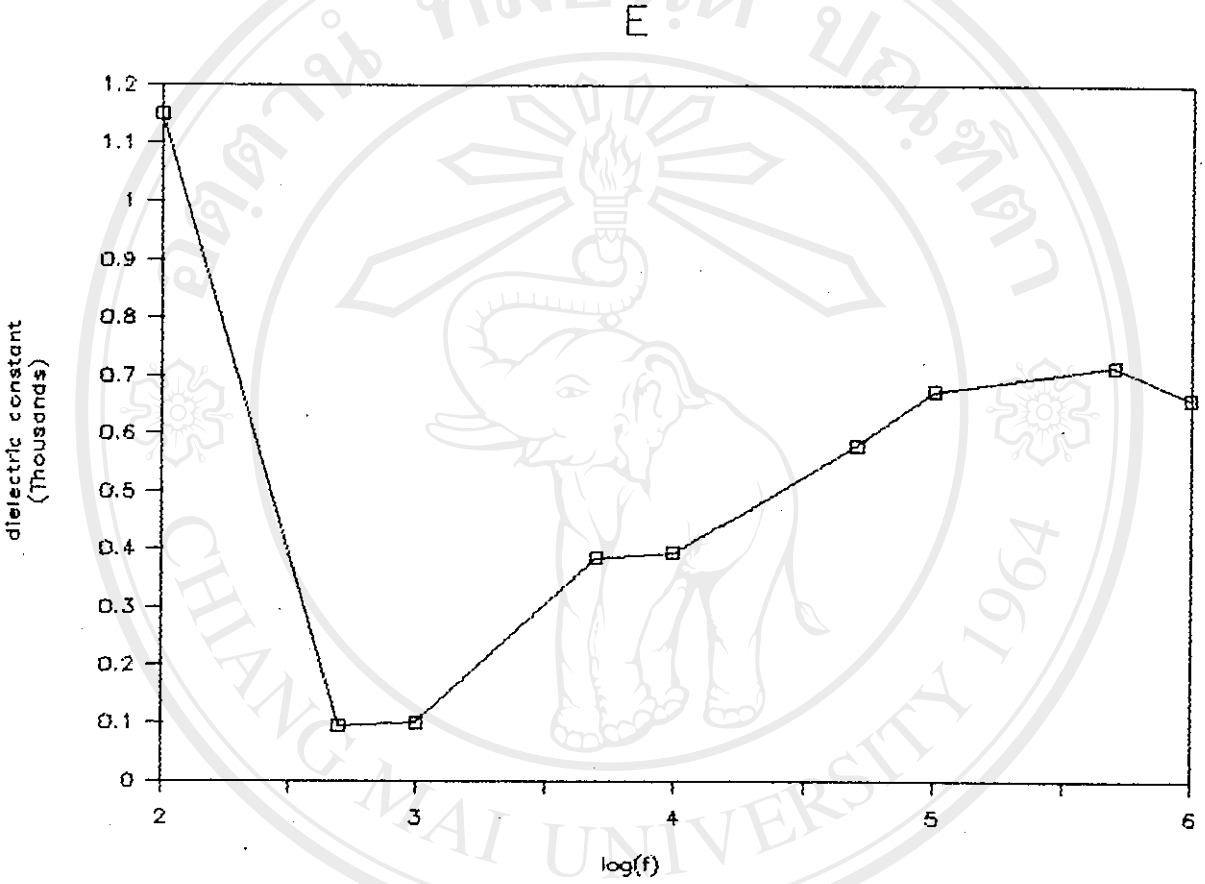
รูปที่ 4. 22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.06 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



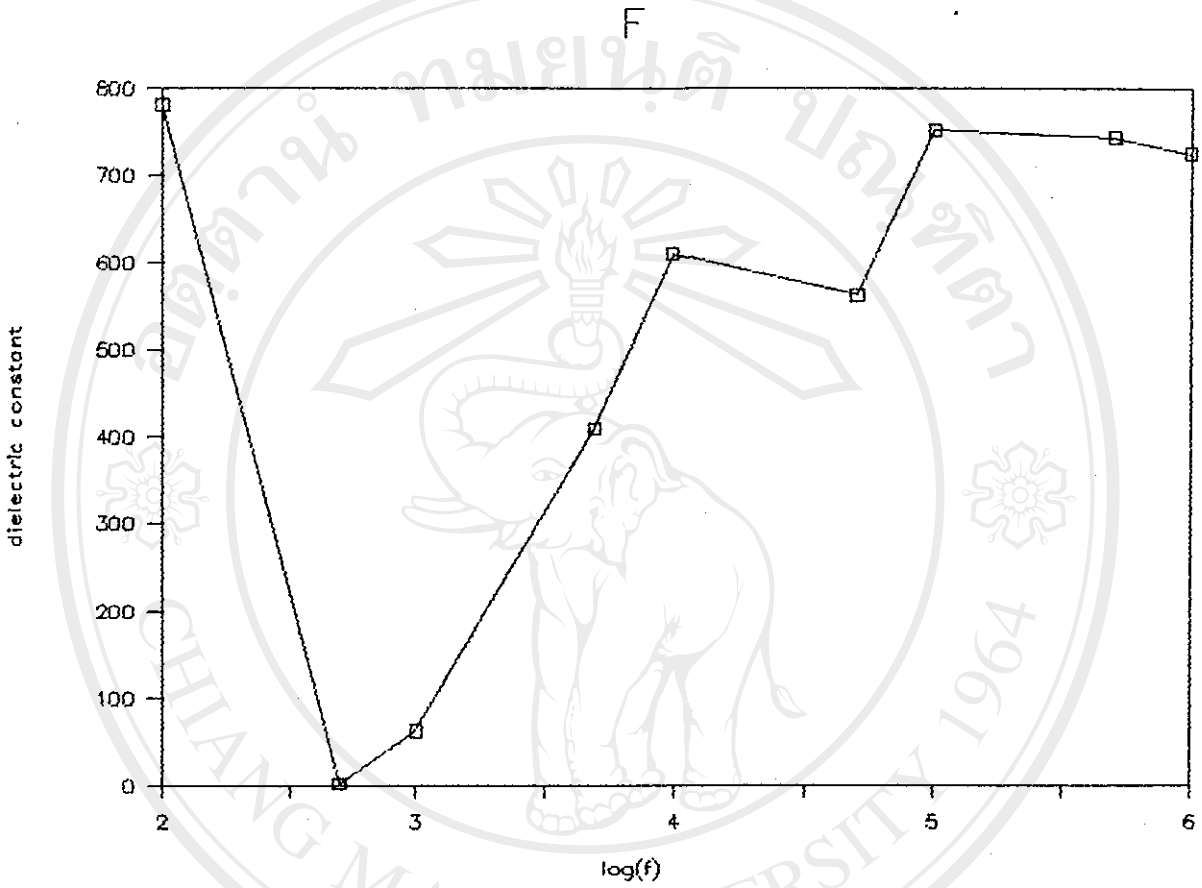
รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.08 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



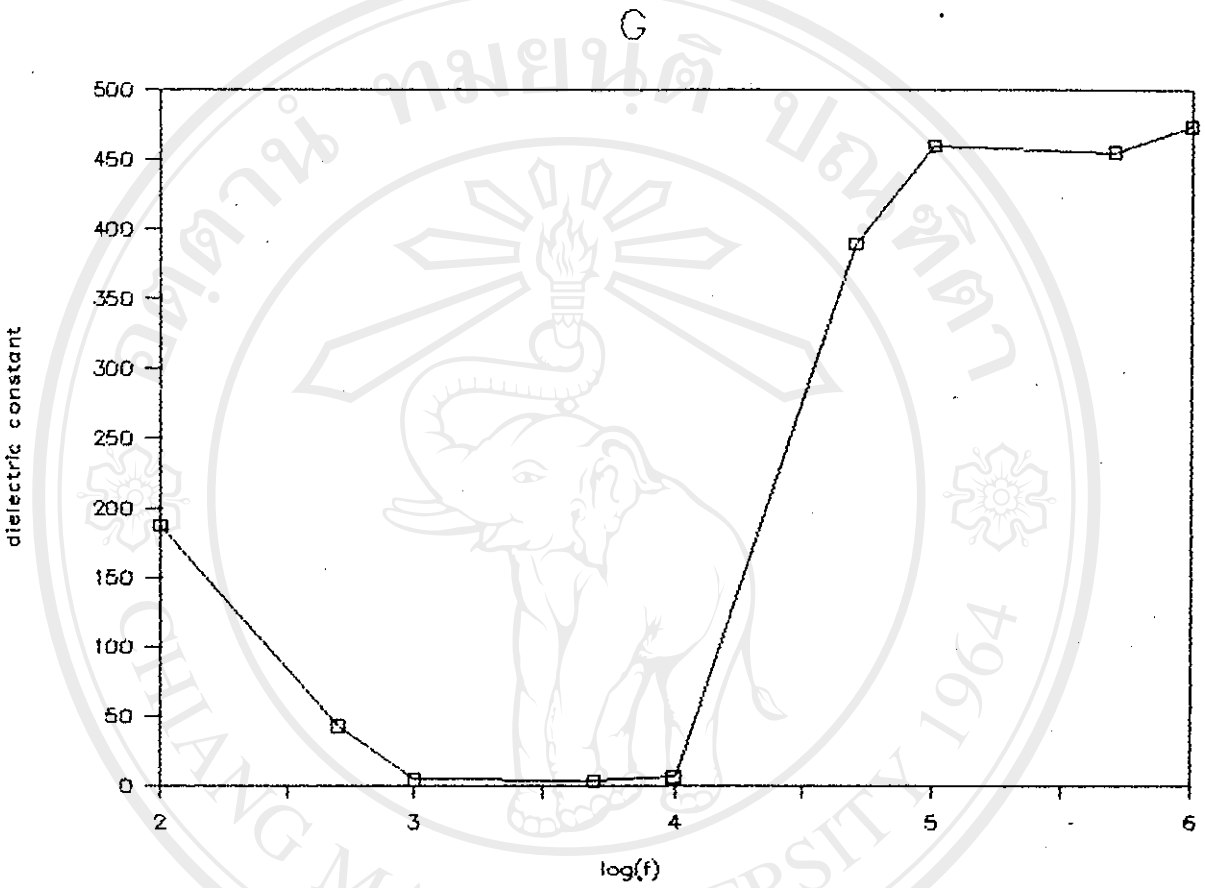
รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.10 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



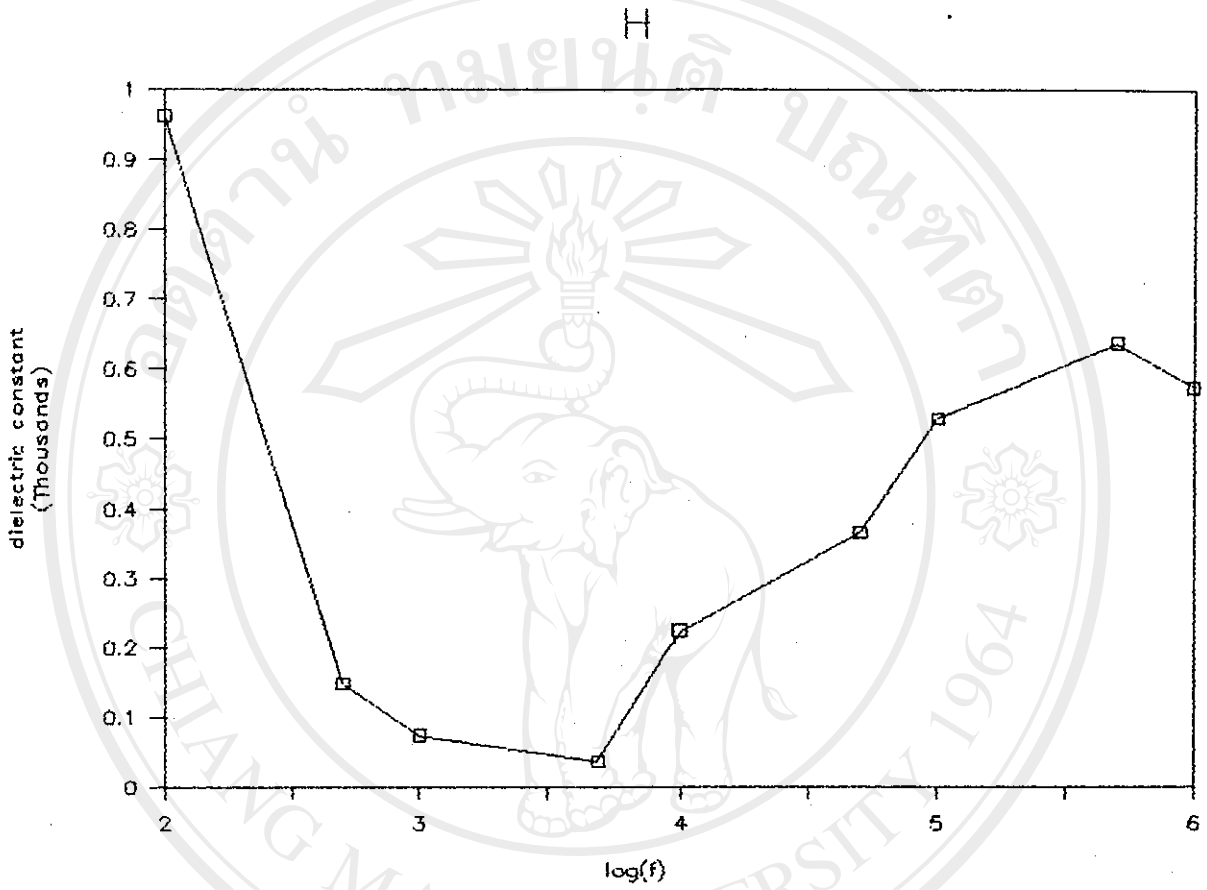
รูปที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลคตริกกับความถี่ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.12 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4. 26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Nb_2O_5 0.14 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4. 27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเลกตริกกับความถี่ของส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$ เจือ Y_2O_3 0.02 mole %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 ผลการทดลองวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า

เมื่อนำเม็ดสารตัวอย่างที่ทำเป็นตัวเก็บประจุแล้ว มาทำการวัดความต้านทานไฟฟ้า โดยใช้มัลติเตอร์ ปรากฏผลตามตาราง 4.20

ส่วนผสม $SrTiO_3$ และ $CaTiO_3$	ความต้านทานไฟฟ้า
pure	วัดค่าไม่ได้
เจือ Nb_2O_5 0.02 mole %	วัดค่าไม่ได้
เจือ Nb_2O_5 0.04 mole %	วัดค่าไม่ได้
เจือ Nb_2O_5 0.06 mole %	วัดค่าไม่ได้
เจือ Nb_2O_5 0.08 mole %	วัดค่าไม่ได้
เจือ Nb_2O_5 0.10 mole %	วัดค่าไม่ได้
เจือ Nb_2O_5 0.12 mole %	วัดค่าไม่ได้
เจือ Nb_2O_5 0.14 mole %	วัดค่าไม่ได้
เจือ Y_2O_3 0.02 mole %	วัดค่าไม่ได้

<u>หมายเหตุ</u> วัดค่าไม่ได้ เพราะมีความต้านทานอนันต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น

เมื่อนำเม็ดสารตัวอย่างที่ผ่านการ sinter แล้ว มาขัดให้ผิวหน้าเรียบ วัดความหนา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและชั่งมวล แล้วหาค่าความหนาแน่น จากสมการ

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ปรากฏผลตามตารางที่ 4.21

ส่วนผสม $SrTiO_3 + CaTiO_3$	ความหนา (ซม.)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)	ปริมาตร ($ซม.^3$)	มวล (กรัม)	ความหนาแน่น ($กรัม/ซม.^3$)
pure	0.131	0.846	0.0736	0.2354	3.198
เจือ Nb_2O_5 0.02 mole %	0.122	0.856	0.0702	0.2321	3.306
เจือ Nb_2O_5 0.04 mole %	0.162	0.870	0.0963	0.3156	3.277
เจือ Nb_2O_5 0.06 mole %	0.147	0.864	0.0862	0.2830	3.283
เจือ Nb_2O_5 0.08 mole %	0.184	0.861	0.1071	0.3461	3.232
เจือ Nb_2O_5 0.10 mole %	0.183	0.884	0.1123	0.3632	3.234
เจือ Nb_2O_5 0.12 mole %	0.133	0.842	0.0741	0.2395	3.232
เจือ Nb_2O_5 0.14 mole %	0.229	0.962	0.1664	0.5336	3.207
เจือ Y_2O_3 0.02 mole %	0.176	0.983	0.1336	0.4396	3.290

ตารางที่ 4.21 แสดง ความหนาแน่นของสารตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.6.1 การเตรียมส่วนผสมสทรอนเชียมติตาเนต ($SrTiO_3$) และแคลเชียมติตาเนต ($CaTiO_3$) โดยเตรียมจากการผสมสทรอนเชียมคาร์บอเนต ($SrCO_3$) แคลเชียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และติตาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ในอัตราส่วน 1 : 1 : 2 โมลและทำการทดสอบโดย x-ray diffractrometer พบว่า ได้สารผสมดังต้องการจริง

4.6.2 ส่วนผสมสทรอนเชียมติตาเนต ($SrTiO_3$) และแคลเชียมติตาเนต ($CaTiO_3$) ที่เตรียมได้ มีค่าคงที่ไดอิเลกตริกอยู่ระหว่าง 100 ถึง 300 ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 30°C กับ 180°C และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าคงที่ไดอิเลกตริกก็จะสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อมีการเติมสารเจือนีโอเบียมออกไซด์ (Nb_2O_5) ในปริมาณต่างๆพบว่า ค่าคงที่ไดอิเลกตริกมีแนวโน้มจะลดลงเมื่อเติมสารเจือในปริมาณที่มากขึ้น ขณะที่ส่วนผสมสทรอนเชียมติตาเนต ($SrTiO_3$) และแคลเชียมติตาเนต ($CaTiO_3$) ที่เติมสารเจือยิบเตรียมออกไซด์ (Y_2O_3) 0.02 โมล % มีค่าคงที่ไดอิเลกตริกประมาณ 130

4.6.3 ค่าคงที่ไดอิเลกตริกของส่วนผสมสทรอนเชียมติตาเนต ($SrTiO_3$) และแคลเชียมติตาเนต ($CaTiO_3$) ทั้งที่ไม่ได้เติมสารเจือกับที่เติมสารเจือนีโอเบียมออกไซด์ (Nb_2O_5) ยิบเตรียมออกไซด์ (Y_2O_3) มีค่าลดลงในช่วงความถี่ 100 ถึง 5000 เฮริตซ์ และกลับมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อความถี่มีค่ามากกว่า 5000 เฮริตซ์

4.6.4 ค่าความต้านทานไฟฟ้าของส่วนผสมสทรอนเชียมติตาเนต ($SrTiO_3$) และแคลเชียมติตาเนต ($CaTiO_3$) พบว่า ความต้านทานของส่วนผสมทั้งที่ไม่ได้เติมสารเจือและที่เติมสารเจือ มีค่าสูงมากจนวัดค่าไม่ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6.5 จากการศึกษาค่าความหนาแน่นของส่วนผสมสทรอนเชียนติตาเนต ($SrTiO_3$) และแคลเซียมติตาเนต ($CaTiO_3$) พบว่าค่าความหนาแน่นของส่วนผสมทั้งที่ไม่ได้เติมสารเจือและที่เติมสารเจือ มีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 3.2 กรัม/ซม.^{3}

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved