บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 งานวิจัยนี้เตรียมคอมโพสิทเซรามิกกับพอลิเมอร์ ผงเซรามิกที่ใช้เป็นแบเรียมไททาเนต ส่วนพอลิเมอร์ที่ใช้เป็น พอลิเมอร์ PVDF นำผงแบเรียมไททาเนตและพอลิเมอร์ PVDF มาเตรียมเป็นคอมโพสิทโดยวิธีขึ้นรูปแบบเทป คอมโพสิทมีการเรียงติดกันแบบ 0-3 เป็นส่วนใหญ่ อีกแบบหนึ่งคือแบบ 3-3

5.1.3 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ค่าการสูญเสียไดอิเล็กตริก ค่าคงที่ไพโรอิเล็กตริก และค่าคงที่ไพอิโซอิเล็กตริก แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ค่าการสูญเสียไดอิเล็กตริก ค่าคงที่ไพโรอิเล็กตริก และค่าคงที่ไพอิโซอิเล็กตริกของคอมโพสิทที่เตรียมขึ้นในงานวิจัยนี้

$BaTiO_3$/PVDF ที่ 25 ^{o}C	ϕ = 0.15		
	A	B	C
ค่าที่ไดอิเล็กตริก (ε_r) ความถี่ 1 kHz	0.80	9.75	8.77
ค่าสูญเสียไดอิเล็กตริก ($\tan\delta$) ความถี่ 1 kHz	0.43	0.20	0.30
ค่าคงที่ไพโรอิเล็กตริก (p) ($\mu C/m^{2\circ}C$)	-	25	19
ค่าคงที่ไพอิโซอิเล็กตริก (d_{33}) ($\times 10^{-12}$ m/V)	-	*	*
ค่าความจุความร้อน (J/kg $^{\circ}$C)	866.2	-	-
ความหนาแน่น (ρ) ($\times 10^3$ kg/m^3)	2.52	-	-

* ไม่สามารถวัดได้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

$BaTiO_3$/PVDF ที่ 25 °C	ϕ = 0.30		
	A	B	C
ค่าที่ไดอิเล็กตริก (ε_r) ความถี่ 1 kHz	0.80	11.48	9.77
ค่าสูญเสียไดอิเล็กตริก ($\tan\delta$) ความถี่ 1 kHz	0.48	0.21	0.31
ค่าคงที่ไพโรอิเล็กตริก (p) ($\mu C/m^{2\circ}C$)	-	41	24
ค่าคงที่ไพอิโซอิเล็กตริก (d_{33}) ($\times 10^{-12}$ m/V)	-	8.7	11.6
ค่าความจุความร้อน (J/kg °C)	3021.7	-	-
ความหนาแน่น (ρ) ($\times 10^3$ kg/m^3)	3.21	-	-

เมื่อ A ไม่มีการโพลิง

B โพลิงทั้งสองเฟสในทิศเดียวกัน

C โพลิงทั้งสองเฟสในทิศตรงข้ามกัน

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดลองเปรียบเทียบกับสารเมื่อไม่มีเฟสพอลิเมอร์และไม่มีเฟสเซรามิกและค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎีอยู่ในวงเล็บ

$BaTiO_3$/PVDF at 25 °C	ϕ = 0.00	ϕ = 0.15			ϕ = 0.30			ϕ = 1.00
	Poled PVDF	A	B	C	A	B	C	Poled $BaTiO_3$
ε_r (1 kHz)	8.4 - 13.5[1]	0.80	9.75	8.77	0.80	11.48	9.77	1301[2]
$\tan\delta$ (1 kHz)	0.04[3]	0.43	0.20	0.30	0.48	0.21	0.31	0.13[2]
p ($\mu C/m^{2\circ}C$)	29[3]	-	25	19	-	41	24	74
d_{33} ($\times 10^{-12}$m/V)	-11[4]	-	*	*	-	8.7	11.6	190[4]
c (J/kg °C)	2322.7	866.2 (2085.1)	-	-	3021.7 (1847.5)	-	-	738.6
ρ ($\times 10^3$kg/m^3)	1.74	2.52 (2.39)	-	-	3.21 (3.04)	-	-	6.08

[1] (Afifuddin, 1996)

[2] (Jitphusa, 2005)

[3] (Thipmonta, 2005)

[4] (personal contact)

* (undetectable)

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะต่างๆ เหล่านี้เกิดจากการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ข้อเสนอแนะเหล่านี้อาจจะมีประโยชน์สำหรับผู้สนใจศึกษาวิธีการเตรียมวัสดุคอมโพสิทและการวัดค่าต่างๆ ที่กล่าวถึงในวิทยานิพนธ์

5.2.1 การเตรียมสารตัวอย่าง พบว่า ข้อบกพร่องอันอาจเกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการเตรียม อันได้แก่ อัตราเร็วของแท่งแม่เหล็กกวนสารไม่สม่ำเสมอ การเจือปนของฝุ่นละออง เป็นต้น ดังนั้นในกระบวนการเตรียมจำเป็นต้องระมัดระวังในเรื่องของความสะอาดของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการเตรียมสารตัวอย่าง

5.2.2 การศึกษาด้านไพอิโซอิเล็กตริกนั้น วิธีการนำสารตัวอย่างมาติดตั้งลงบนที่จับยึดควรใช้ความประณีตเป็นพิเศษ เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการโค้งงอของสารตัวอย่างหรือการสั่นของสารตัวอย่างด้วยความถี่ที่ไม่ต้องการ

5.2.3 ช่วงเวลาที่ใช้ระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์วัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกนั้นควรเป็นช่วงเวลาที่มีสัญญาณรบกวนจากภายนอกน้อยที่สุด และถ้าสามารถเชื่อมโยงระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์เข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ได้คาดว่าจะสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ง่ายและสะดวกขึ้น

5.3 งานวิจัยต่อเนื่องในอนาคต

5.3.1 ปรับปรุงขั้นตอน เงื่อนไขการเตรียมเพื่อให้ได้วัสดุคอมโพสิทที่มีเฟสการเชื่อมติดกันอย่างใดอย่างหนึ่ง เพราะวัสดุคอมโพสิทที่เตรียมได้เป็นลักษณะของการเรียงติดกันแบบ 0 – 3 รวมกับ 3 – 0

5.3.2 โดยทฤษฎีพบว่าระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์สามารถมีกำลังแยกความแตกต่างของระยะทางได้ถึงระดับ 10^{-14} – 10^{-15} m จึงคาดว่าหากมีการปรับปรุงระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ให้มีประสิทธิภาพถึงขีดสุดแล้วน่าจะสามารถนำมาช่วยตรวจสอบการตอบสนองสนามไฟฟ้าของวัสดุที่มีสมบัติไพอิโซอิเล็กตริกได้อีกหลายชนิดแม้ว่าวัสดุเหล่านั้นมีการตอบสนองดังกล่าวในปริมาณน้อยก็ตามเช่นวัสดุประเภทสารกึ่งตัวนำประกอบ (semiconductor compound) ต่างๆ