

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย [1-6]

ปัจจุบันไฟฟ้าสามารถผลิตได้จากแหล่งพลังงานไฟฟ้าหลากหลายรูปแบบ เช่น พลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น แต่รูปแบบการเก็บรวบรวมพลังงานแบบนี้ไม่เหมาะสมหรือยืดหยุ่นเพียงพอสำหรับเทคโนโลยีที่จะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต โดยเฉพาะทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้ถูกย่อให้มีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ ทำให้เครื่องใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มีขนาดเล็กลง ทำงานได้รวดเร็วขึ้น และมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ หรือไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้พลังงานน้อยมาก ซึ่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ต้องการพลังงานไฟฟ้ากำลังไฟต่ำในการทำงาน ดังนั้นการพัฒนาแหล่งพลังงานไฟฟ้ากำลังไฟต่ำจึงเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษาและวิจัย แหล่งพลังงานไฟฟ้าประเภทวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีความน่าสนใจศึกษา ซึ่งวัสดุเพียโซอิเล็กทริกนี้เป็นวัสดุที่สามารถเปลี่ยนพลังงานกล เช่น การสั่นสะเทือน การบิด การกด เป็นต้น ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งแม้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จะมีกำลังไฟต่ำในระดับไมโครวัตต์หรือมิลลิวัตต์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แต่กลับได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบันเนื่องจากระดับกำลังไฟที่ได้จากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกนี้เหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเป็นวัสดุที่มีสมบัติพิเศษ คือ สามารถเปลี่ยนพลังงานกล (Mechanical energy) เป็นพลังงานไฟฟ้า (Voltage) หรือในทางกลับกันก็สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลได้ โดยเมื่อได้รับพลังงานกล ซึ่งอาจอยู่ในรูปของการสั่น การบิด การกด จะให้แรงดันไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่าปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกแบบทางตรง (Direct piezoelectric effect) และในทางกลับกันเมื่อวัสดุได้รับแรงดันไฟฟ้าจะทำให้มีการเปลี่ยนรูปร่างของวัสดุ (Deformation) เกิดพลังงานกล ซึ่งเรียกว่าปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกแบบผกผัน (Converse piezoelectric effect)

การเปลี่ยนไปมาระหว่างพลังงานกลและพลังงานไฟฟ้าสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้วัสดุมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือเกิดแรงกล วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเชรามิกถูกนำมาใช้เป็นวัสดุทรานสดิวเซอร์ในอุปกรณ์อัลตราโซนิก (Ultrasonic) ทางการแพทย์ ลำโพง และแอคชูเอเตอร์ (Actuator) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประกอบที่สำคัญ

ของเครื่องพิมพ์ 3D ในกล้องถ่ายภาพ วาล์วไฮดรอลิก (Hydraulic valve) เป็นต้น และอุปกรณ์ที่อาศัยการให้พลังงานกลแก่วัสดุแล้ว ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์จุดแก๊ส (Gas igniter) ในเตาเครื่องทำความร้อน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ตัวตรวจจับความดัน (Pressure sensor) เป็นต้น

วัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน คือ วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเซรามิก เช่น แบเรียมไทเทเนต (Barium titanate, BT) และเลดเซอร์โคเนตไทเทเนต (Lead zirconate titanate, PZT) ซึ่งวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเซรามิกทั้งสองชนิดมีสูตรโครงสร้างแบบเพอโรฟสไกต์ โดยมีสูตรทั่วไปคือ BaTiO_3 และ $\text{Pb}[\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x}]\text{O}_3$ ตามลำดับ ซึ่งวัสดุประเภทนี้ให้สมบัติเพียโซอิเล็กทริกสูง แต่ก็มีข้อจำกัดในการใช้งาน เช่น เปราะและขึ้นรูปยาก นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาวัสดุประเภทเพียโซอิเล็กทริกประเภทอื่นๆ ได้แก่ วัสดุเพียโซอิเล็กทริกพอลิเมอร์ เช่น พอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ (Polyvinylidene fluoride, PVDF) วัสดุประเภทนี้มีความยืดหยุ่นสูง สามารถขึ้นรูปได้หลากหลายวิธี แต่มักมีสมบัติเพียโซอิเล็กทริกต่ำกว่าวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเซรามิก และวัสดุเพียโซอิเล็กทริกคอมโพสิต ซึ่งเป็นวัสดุประกอบระหว่างพอลิเมอร์และเพียโซอิเล็กทริกเซรามิก ทำให้มีสมบัติเพียโซอิเล็กทริกของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเซรามิกและมีความหลากหลายในการขึ้นรูปของพอลิเมอร์

การพัฒนาสมบัติของวัสดุคอมโพสิต (Composites) จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการพัฒนาวัสดุเพียโซอิเล็กทริก ซึ่งสมบัติของวัสดุคอมโพสิตจะขึ้นอยู่กับการจัดเรียงเฟส เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (Volume percent) ของวัสดุเซรามิก และการกระจายตัวของเฟสในวัสดุคอมโพสิต วัสดุคอมโพสิตนั้นสามารถแบ่งได้ตามชนิด ขนาดและรูปร่าง และการกระจายตัวของเฟส (Disperse phase) หากพิจารณาการจัดเรียงตัวของแต่ละเฟสที่มีการเรียงตัวติดกัน (Connectivity) ใน 3 มิติ สำหรับวัสดุผสมที่มี 2 เฟสนั้น สามารถจัดเรียงติดกันได้ 10 แบบ คือ 0-0, 0-1, 0-2, 0-3, 1-1, 1-2, 2-2, 1-3, 2-3 และ 3-3 โดยรูปแบบที่เตรียมได้ง่าย คือ แบบ 0-3 ซึ่งผงเซรามิกกระจายอยู่ในพอลิเมอร์เมทริกซ์ (Polymer matrix) อนุภาคเซรามิกจะไม่เชื่อมติดกับอนุภาคอื่นๆ ในขณะที่พอลิเมอร์จะเชื่อมต่อกับตัวเองได้ทั้งสามทิศทาง วัสดุคอมโพสิตแบบ 0-3 มีข้อดี คือ สามารถขึ้นรูปได้หลายรูปแบบ เป็นรูปแบบการเรียงติดกันที่สามารถเตรียมได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก ซึ่งสมบัติของวัสดุคอมโพสิตจะขึ้นอยู่กัสมบัติของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเซรามิกและพอลิเมอร์ รวมถึงจะขึ้นกับกระบวนการในการผลิตด้วย วัสดุเพียโซอิเล็กทริกคอมโพสิตนี้มีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนาวัสดุอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ด้านการแพทย์ เป็นต้น

โดยทั่วไปสมบัติเพียโซอิเล็กทริกจะเกิดขึ้นได้ ถ้าวัสดุเพียโซอิเล็กทริกถูกทำให้เกิดโพลาไรเซชัน วิธีการนี้เรียกว่า การโพล (Poling หรือ Polarizing) โดยการให้สนามไฟฟ้าแก่วัสดุ

สนามไฟฟ้าที่เพียงพอจะทำให้ไดโพลในสารจัดเรียงตัวกันใหม่ในทิศทางเดียวกันหมด ตามทิศทางสนามไฟฟ้าที่ให้ในระหว่างการโพลนั้น

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาการเตรียมและการทดสอบสมบัติของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกคอมโพสิตแบบ 0-3 ระหว่างเพียโซอิเล็กทริกเซรามิกและเพียโซอิเล็กทริกพอลิเมอร์ ซึ่งการเตรียมจะให้อนุภาคของเพียโซอิเล็กทริกเซรามิกกระจายอยู่ในเฟสของพอลิเมอร์เมทริกซ์ โดยศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อสมบัติกายภาพ สัณฐานวิทยา สมบัติเชิงกล สมบัติเพียโซอิเล็กทริก และสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุคอมโพสิต โดยปัจจัยเหล่านั้น ได้แก่ ชนิด ขนาด และปริมาณของอนุภาคเพียโซอิเล็กทริกเซรามิก

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) เพื่อศึกษาการเตรียมวัสดุเพียโซอิเล็กทริกคอมโพสิตระหว่างวัสดุเพียโซอิเล็กทริกพอลิเมอร์ คือ พอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ และวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเซรามิก
- 2) เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัสดุเพียโซอิเล็กทริกคอมโพสิต เช่น ชนิดของเพียโซอิเล็กทริกเซรามิก ปริมาณ และขนาดของเพียโซอิเล็กทริกเซรามิก เพื่อให้ได้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกคอมโพสิตที่มีสมบัติเพียโซอิเล็กทริกสูงกว่าพอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ คือ มีค่า d_{33} ไม่ต่ำกว่า 10 pC/N และมีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับพอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์
- 3) เพื่อศึกษาสมบัติเพียโซอิเล็กทริก สมบัติกายภาพ สัณฐานวิทยา และสมบัติเชิงกลของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกคอมโพสิตที่เตรียมได้

1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา เชิงทฤษฎีและ/หรือเชิงประยุกต์

1) เชิงทฤษฎี

ทราบความสัมพันธ์ของชนิดและสัดส่วนของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกพอลิเมอร์กับวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเซรามิกต่อสมบัติเพียโซอิเล็กทริก สมบัติกายภาพ และสมบัติเชิงกลของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกคอมโพสิต

2) เชิงประยุกต์

ได้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกคอมโพสิตไปประยุกต์ใช้เป็นแหล่งกำลังไฟฟ้าในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์