

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 บทสรุป

จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการเตรียมวัสดุเชิงประกอบแบบ 1-3 ระหว่างเซรามิกเพียโซอิเล็กทริกกับพอลิเมอร์ วัสดุเชิงประกอบแบบ 1-3 ได้รับความสนใจเนื่องจากสามารถประยุกต์ในงานความถี่สูงเช่น ultrasonic transducer สำหรับการวินิจฉัยโรคทางการแพทย์ เป็นต้น

สารเดคเซอร์โคเนคโททานเนค (PZT) ถูกศึกษาสถานะที่เหมาะสมสำหรับการเผาแคลไซน์และเผาซินเทอร์เพื่อให้ได้เฟสเดี่ยวของสาร PZT ที่มีสมบัติทางไฟฟ้าและเพียโซอิเล็กทริกสูง จากนั้นได้ทำการปรับปรุงสมบัติทางไฟฟ้าและเพียโซอิเล็กทริกของสาร PZT ด้วยตัวเติมสตรอนเชียม (Sr) และลดอุณหภูมิเผาซินเทอร์ด้วยตัวเติมบิสเมทออกไซด์ ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ) สารเซรามิกถูกขึ้นรูปแบบแท่งและจัดเรียงในหลอดแก้วก่อนเทพอลิเมอร์อีพอกซีเรซินเพื่อให้ได้วัสดุเชิงประกอบแบบ 1-3 วัสดุเชิงประกอบแบบ 1-3 ที่มีสัดส่วนปริมาตรเซรามิกร้อยละ 10, 20, 40 และ 45 ถูกเตรียมและวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าและเพียโซอิเล็กทริก ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1) สารผสมสูตร PZT หลังการบดนาน 28 ชม. มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 ไมครอนอยู่ร้อยละ 95 สามารถเผาแคลไซน์ได้เฟสเดี่ยวของสาร PZT ตั้งแต่อุณหภูมิ 800 °C นาน 2 ชม. การเผาแคลไซน์ที่ 800 °C สามารถให้เฟสเดี่ยวเช่นเดียวกันสำหรับสาร PSZT ที่มีการเติม Sr ในระดับร้อยละ 10 โดยอะดอม

2) การเผาซินเทอร์ที่อุณหภูมิสูงทำให้สารมีขนาดเกรนและน้ำหนักรวมเพิ่มขึ้น สาร PZT เผาซินเทอร์ที่อุณหภูมิ 1280 °C มีความหนาแน่นเท่ากับ 7.62 g/cm<sup>3</sup> และมีสมบัติทางไฟฟ้าและเพียโซอิเล็กทริกสูงกว่าการเผาซินเทอร์ที่อุณหภูมิต่ำ โดยมีค่า  $d_{33} = 200$  pC/N,  $k_p = 0.48$  และ  $\tan \delta = 0.96\%$

3) สาร PZT ที่มีตัวเติม Sr มีสมบัติทางไฟฟ้าและเพียโซอิเล็กทริกสูงกว่าสาร PZT ที่ไม่มีตัวเติม Sr สาร  $(\text{Pb}_{0.94}\text{Sr}_{0.06})(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$  (หรือ PSZT(6)) มีสมบัติทางไฟฟ้าและเพียโซอิเล็กทริกสูงกว่าการเติมในปริมาณอื่น โดยมีค่า  $d_{33} = 260 \text{ pC/N}$ ,  $k_p = 0.52$  และ  $\tan \delta = 0.83\%$

4) การเติมบิสมีทออกไซด์ลงในสาร PSZT(6) ช่วยลดอุณหภูมิเผาซินเทอร์ของสาร PSZT(6) การเติมบิสมีทออกไซด์ปริมาณร้อยละ 1.5 โคสมัทหนักสามารถลดอุณหภูมิเผาซินเทอร์จาก  $1280^\circ\text{C}$  เหลือ  $1040^\circ\text{C}$  ค่า  $d_{33} = 274 \text{ pC/N}$ ,  $k_p = 0.51$ ,  $\tan \delta = 1.95\%$  และสารมีความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ  $7.72 \text{ g/cm}^3$  หรือประมาณร้อยละ 97 ของความหนาแน่นทางทฤษฎี

5) วัสดุเชิงประกอบแบบ 1-3 มีค่า  $d_{33}$ ,  $K$  และ  $Q_m$  เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนปริมาตรเซรามิก ค่า  $g_{33}$  สูงสุดเท่ากับ  $55 \cdot 10^{-3} \text{ Vm/N}$  ได้จากวัสดุเชิงประกอบแบบ 1-3 ที่มีสัดส่วนปริมาตรเซรามิกเท่ากับร้อยละ 10

6) วัสดุเชิงประกอบแบบ 1-3 ตอบสนองต่อความถี่สูงระดับ 1.8 MHz

7) วัสดุเชิงประกอบแบบ 1-3 ที่เตรียมได้มีศักยภาพในการนำไปใช้งานคาน pulse echo transducer เนื่องจากสามารถตอบสนองต่อความถี่อัลตราซาวด์ (Ultrasonic frequency) ในระดับ 1.8 MHz ซึ่งสูงประมาณ 10 เท่าของความถี่ของเซรามิก และมีค่า  $Q_m$  ต่ำกว่าเซรามิก

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1) การเตรียมแท่งเซรามิกที่มีขนาดเล็กลงในระดับ 100 ไมครอน เป็นที่น่าสนใจเนื่องจากวัสดุเชิงประกอบแบบ 1-3 ที่มีแท่งเซรามิกขนาดเล็กจะสามารถตอบสนองความถี่ที่สูงขึ้นและระดับ resolution ของภาพถ่ายอัลตราซาวด์สูงขึ้น

2) การเตรียมแท่งเซรามิกที่มีความหนาแน่นสูงและการพัฒนาการเตรียมวัสดุเชิงประกอบแบบ 1-3 เพื่อให้ได้วิธีที่สะดวกรวดเร็วและมีสมบัติสม่ำเสมอเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ

3) ผลของสัดส่วนปริมาตรเซรามิกที่สัดส่วนค่าต่างๆต่อสมบัติของวัสดุเชิงประกอบแบบ 1-3 ควรจะได้รับการศึกษาเพิ่มเติม ผลของตัวแปรอื่นๆเช่น ความหนาของวัสดุเชิงประกอบต่อสมบัติของวัสดุเชิงประกอบแบบ 1-3 เป็นสิ่งที่น่าสนใจ