

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณสมบัติวัสดุผสมนาโนคอมโพสิตสำหรับประยุกต์ใช้งานเป็นตัวเก็บประจุพลังงานสูง โดยการเตรียมคอมโพสิตแบบ 3-3 ของเส้นใยเซรามิกเลคเซอร์โคเนตกับพอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ และแบบ 0-3 ของแบเรียมไททานเนตกับพอลิไดเมทิลไซลอกเซน และทำการปรับปรุงสมบัติด้วยแท่งนาโนคาร์บอน สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 จากการศึกษาการเตรียมคอมโพสิตของเส้นใยเซรามิกเลคเซอร์โคเนตกับพอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์

1. จากการตรวจสอบทางสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าคอมโพสิตที่ได้เชื่อมโยงกันแบบ 3-3
2. คอมโพสิตที่ได้เกิดเป็นเฟสบริสุทธิ์ของเพอร์อฟสไกต์ ตามไฟล์ข้อมูลมาตรฐาน JC PDS หมายเลข 75-1607 พบว่าเกิดการเลี้ยวเบนแสดงโครงสร้างเพอร์อฟสไกต์แบบ ออร์โธโรมบิก และพบสเปกตรัมของ PVDF ที่มุม $2\theta = 18^\circ$ และ $2\theta = 26^\circ$ เนื่องจาก PVDF เป็นพอลิเมอร์กิ่งผลึกที่มีเปอร์เซ็นต์ ความเป็นผลึก 50% จึงสามารถยืนยันได้ว่าตัวอย่าง PZ-PVDF ที่เตรียมได้เป็นคอมโพสิต ที่ประกอบด้วย 2 เฟส ได้แก่ เฟสของเซรามิกเลคเซอร์โคเนต และเฟสของพอลิเมอร์ PVDF
3. จากผลตรวจสอบเอกลักษณ์ของวัสดุผสมโดยใช้เครื่องรามานสเปกโทรสโกปีพบผลการดูดกลืนที่ 548 cm^{-1} โดยสอดคล้องกับการสั่นแบบยืดหดของพันธะ Zr-O ซึ่งแสดงถึงการเกิดเป็นผลึกเส้นใยของ PZ และพบแถบการดูดกลืน ซึ่งบ่งบอกถึงเฟสของ ผลึกอัลฟา และเฟสเบต้าของหมู่ไวนิลิดีนของพอลิเมอร์
4. จากการตรวจสอบสมบัติไดอิเล็กทริกของนาโนคอมโพสิตพบว่านาโนคอมโพสิตของ PZ-PVDF มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกในช่วง 60-8 ในช่วงความถี่ที่ทำการวัดจาก 100 Hz to 2 MHz

5.1.2 จากการศึกษาการเตรียมคอมโพสิตของเส้นใยเซรามิกเลคเซอร์โคเนตกับพอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ที่ทำการปรับปรุงสมบัติด้วยแท่งนาโนคาร์บอน

1. จากการตรวจสอบทางสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าคอมโพสิตที่ได้เกิดเป็นของผสมสามเฟสของ PZ CNT และ PVDF
2. จากรูปแบบสเปกตรัมของคอมโพสิต PZ-CNT-PVDF พบว่าคอมโพสิตที่ได้เกิดเป็นเฟสบริสุทธิ์ของเพอร์อฟสไกต์ ตามไฟล์ข้อมูลมาตรฐาน JCPDS หมายเลข 75-1607 และพบสเปกตรัมของ PVDF ที่มุม $2\theta = 18^\circ$ และ $2\theta = 26^\circ$ และแสดงพีค (002) ที่มุม 26° และ 77° ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างผลึกของกราฟไฟต์ จึงสามารถยืนยันได้ว่าตัวอย่าง ที่เตรียมได้เป็นคอมโพสิตที่ประกอบด้วย 3 เฟส ได้แก่ เฟสของเซรามิกเลคเซอร์โคเนต เฟสของพอลิเมอร์ PVDF และเฟสของแท่งนาโนคาร์บอน

5. จากผลตรวจสอบเอกลักษณ์ของวัสดุผสมโดยใช้เครื่องรามานสเปกโทรสโกปีสามารถยืนยันได้ว่าตัวอย่าง PZ-CNT-PVDF ที่เตรียมได้เป็นคอมโพสิต ที่ประกอบด้วย 3 เฟส ได้แก่ เฟสของเซรามิกเลดเซอร์โคเนต เฟสของพอลิเมอร์ PVDF และยังพบพีกที่ประมาณ 1400 และ 1700 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการสั่นเฟส CNT

6. จากการตรวจสอบสมบัติไดอิเล็กทริกของนาโนคอมโพสิตพบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของนาโนคอมโพสิต PZ-CNT-PVDF มีค่าอยู่ในช่วง 97-49 ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของนาโนคอมโพสิต PZ/PVDF เนื่องจากเส้นใย PZ สามารถกระจายตัวได้ดีโดยการเกิดเป็นของผสมเชิงซ้อนกับโครงข่ายของ CNT และโครงข่ายของ CNT ยังทำให้เกิดเส้นทางการนำไฟฟ้าซึ่งสามารถลดความต้านทานภายในของวัสดุคอมโพสิต นอกจากนี้ยังพบว่าค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกของคอมโพสิต PZ-CNT-PVDF ยังมีค่าที่ค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0.02 และมีค่าสูงสุดน้อยกว่า 0.6

5.1.3 จากการศึกษาการเตรียมคอมโพสิตของแบเรียมไททาเนตกับพอลิโดเมทิลไซลอกเซน

1. คอมโพสิตที่เตรียมได้มีความสอดคล้องกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ BaTiO_3 ตามไฟล์มาตรฐาน JCPDS หมายเลข 05-0626 ซึ่งมีโครงสร้างเพอรอฟสไกต์แบบเตตระโกนอล โดยไม่พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ของพอลิโดเมทิลไซลอกเซนเนื่องจาก มีโครงสร้างเป็นอสัณฐานจึงไม่สามารถสะท้อนระนาบผลึกได้

2. จากผลตรวจสอบเอกลักษณ์ของวัสดุผสมด้วยโดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีพบพีกเกิดขึ้นที่เลขคลื่นประมาณ 539, 1384, 1630 และ 3400 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงการมีอยู่ของสารแบเรียมไททาเนต และพีการสั่นที่เลขคลื่นประมาณ 1091, 1251, 1412 และ 2963 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงการสั่นของพันธะภายในพอลิโดเมทิลไซลอกเซน

3. จากผลตรวจสอบเอกลักษณ์ของวัสดุผสมโดยใช้เครื่องรามานสเปกโทรสโกปีพบพีกของแบเรียมไททาเนตเกิดขึ้นที่เลขคลื่นประมาณ 190, 280, 303, 516 และ 720 cm^{-1} และพบพีกของพอลิโดเมทิลไซลอกเซน เกิดขึ้นที่เลขคลื่นประมาณ 2888 และ 2940 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้ผลที่ได้จาก FT-IR

4. จากการตรวจสอบทางสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแบเรียมไททาเนตลงในวัสดุผสมแบเรียมไททาเนตกับพอลิโดเมทิลไซลอกเซน จะทำให้เกิดการเกาะกลุ่มกันของอนุภาคมากขึ้น

5. จากการตรวจสอบสมบัติไดอิเล็กทริกของวัสดุผสม พบว่าวัสดุผสมแบเรียมไททาเนตกับพอลิโดเมทิลไซลอกเซน มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาตรของแบเรียมไททาเนต

5.1.4 จากการศึกษาการเตรียมคอมโพสิตของแบเรียมไททาเนตกับพอลิโดเมทิลไซลอกเซน ที่ทำการปรับปรุงสมบัติด้วยแท่งนาโนคาร์บอน

1. คอมโพสิตที่เตรียมได้มีความสอดคล้องกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ BaTiO_3 ตามไฟล์มาตรฐาน JCPDS หมายเลข 05-0626 ซึ่งมีโครงสร้างเพอรอฟสไกต์แบบเตตระโกนอล โดยไม่พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ของพอลิโดเมทิลไซลอกเซน และพบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแท่งนาโนคาร์บอนมีความสอดคล้องกับไฟล์ JCPDS มาตรฐาน 75-1621

2. จากผลตรวจสอบเอกลักษณ์ของวัสดุผสมด้วยโดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีพบว่าวัสดุผสมแบเรียมไททาเนตกับพอลิโดเมทิลไซลอกเซนและสมบัติสมบัติด้วยแท่งนาโนคาร์บอน

มีพิกัดเกิดขึ้นที่เลขคลื่นประมาณ 539, 1384, 1630 และ 3400 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงการมีอยู่ของสารแบบเรียมไททานเต พบพิกัดการสั่นที่เลขคลื่นประมาณ 1091, 1251, 1412 และ 2963 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงการสั่นของพันธะภายในพอลิไดเมทิลไซลอกเซน และยังพบพิกัดเลขคลื่นประมาณ 1713 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงการสั่นของพันธะภายในแท่งนาโนคาร์บอน

3. จากผลตรวจสอบเอกลักษณ์ของวัสดุผสมโดยใช้เครื่องรามานสเปกโทรสโกปี พบว่าวัสดุผสมแบบเรียมไททานเตกับพอลิไดเมทิลไซลอกเซนและปรับปรุงสมบัติด้วยแท่ง นาโนคาร์บอน จะพบพิกัดของแบบเรียมไททานเตเกิดขึ้นที่เลขคลื่นประมาณ 190 280 303 516 และ 720 cm^{-1} พบบพิกัดของพอลิไดเมทิลไซลอกเซน เกิดขึ้นที่เลขคลื่นประมาณ 2888 cm^{-1} และ 2940 cm^{-1} และยังพบพิกัดของแท่งนาโนคาร์บอนเกิดขึ้นที่เลขคลื่นประมาณ 1350 1550 และ 2700 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้ผลที่ได้จาก FT-IR

4. เมื่อมีการเพิ่มปริมาณแท่งนาโนคาร์บอน ทำให้แบบเรียมไททานเตเกิดการกระจายตัวมากยิ่งขึ้น และการตกตะกอนน้อยลง

5. จากการตรวจสอบสมบัติไดอิเล็กทริกของวัสดุผสมพบว่า ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาตรของแท่งนาโนคาร์บอน

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 การกระจายตัวของวัสดุคอมโพสิตไม่ดีเท่าที่ควร จึงทำให้เกิดการตกตะกอน
- 5.2.2 ศึกษาเทคนิคอื่นๆที่สามารถเตรียมคอมโพสิตให้มีการกระจายตัวที่ดี
- 5.2.3 การเตรียมขั้วไฟฟ้าเพื่อวัดสมบัติไดอิเล็กทริกยังไม่มีประสิทธิภาพ
- 5.2.4 ศึกษาการเตรียมขั้วไฟฟ้าและเทคนิคการวัดสมบัติที่เหมาะสม