บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้เป็นการสรุปการทดลองที่ได้ดำเนินการในวิทยานิพนธ์นี้ซึ่งได้ศึกษาเงื่อนไขต่างๆ ในการประดิษฐ์ตัวเก็บประจุแบบฟิล์มบางโครงสร้างโพลีเมอร์/$BaTiO_3$ โดยเงื่อนไขในการประดิษฐ์ที่เปลี่ยนแปลงได้แก่ ขนาดของอนุภาคของ $BaTiO_3$ และชนิดของโพลีเมอร์ที่ใช้ในการประดิษฐ์ และการศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบฟิล์มบางโครงสร้าง โพลีเมอร์/$BaTiO_3$ ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 และข้อเสนอแนะ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 ผลการศึกษาการประดิษฐ์ตัวเก็บประจุแบบฟิล์มบางโครงสร้าง โพลีเมอร์/$BaTiO_3$

จากการศึกษาการประดิษฐ์ตัวเก็บประจุแบบฟิลม์บางโดยใช้โพลีเมอร์เป็น PAAS และใช้ $BaTiO_3$โดยพารามิเตอร์คือ ขนาดของอนุภาคและความเข้มข้น $BaTiO_3$ของโดยทำการวัดคุณลักษณะทางไฟฟ้าด้วยเครื่องวัด RLC ของยี่ห้อ HP รุ่น HP4274 Multi-Frequency LCR meter ได้ผลดังนี้คือ

(ก) ตัวเก็บประจุที่ใช้ $BaTiO_3$ ขนาดอนุภาค 100 nm มีค่าตัวเก็บประจุ 1.9 nF หรือ 15.13 nF/cm^2 ที่ความถี่100 Hz และตัวเก็บประจุที่ใช้ $BaTiO_3$ ขนาดอนุภาคอื่นๆ ผลการวัดที่ได้มีเป็นลักษณะของตัวขดลวดเหนียวนำไฟฟ้าในย่านความถี่ต่ำและมีคุณสมบัติเป็นตัวเก็บประจุในย่านความถี่สูง

(ข) ตัวเก็บประจุที่ใช้ $BaTiO_3$ ขนาดอนุภาค 100 nm มีค่าสูญเสียไดอิเล็กทริกสูงถึงประมาณ 160 ซึ่งมีค่าสูญเสียในเกณฑ์ที่สูงมากเมื่อเทียบกับตัวเก็บประจุทั่วไป และเมื่อเปลี่ยนขนาดอนุภาคของ $BaTiO_3$ ไปเป็น 200 nm ก็มีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่ที่ขนาดอนุภาค400 nm พบว่าส่วนใหญ่จะมีพฤติกรรมเป็นขดลวดเหนี่ยวนำซึ่งได้ค่าสูญเสียไดอิเล็กทริกต่ำกว่าทั้ง 2 ขนาดอนุภาค

(ค) จากผลการทดลองพบว่าที่ความถี่ที่สูงขึ้นตัวเก็บประจุจะมีค่าความสูญเสียในไดอิเล็กทริกลดลงและต่ำสุดที่ 40 kHz ทุกขนาดอนุภาคโดยเป็นผลจากการสั่นตัวของอนุภาคนั้นลดลง เนื่องจากที่ความถี่ต่ำ อนุภาคของ $BaTiO_3$ จะสามารถสั่นตามความถี่ที่ให้ได้ทันทำให้อนุภาคนั้นมีการเคลื่อนที่ตามสนามไฟฟ้าสลับได้ แต่ที่ความถี่ที่สูงขึ้นนั้นอนุภาคไม่

สามารถเคลื่อนที่ตามความถี่ได้ทันทำให้เสมือนอยู่นิ่ง อันเป็นผลทำให้ของค่าการสูญเสียลดลงได้

(ง) เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ $BaTiO_3$ พบว่าค่าเก็บประจุที่ได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าสูญเสียไดอิเล็กทริกลดลง และยังมีความทนต่อแรงกดสูงขึ้นจากการสังเกตค่าเก็บประจุที่ได้ยังไม่เปลี่ยนเฟสไป และเมื่อเพิ่มถึงค่าๆหนึ่งคือ 3.3 %ต่อปริมาตรซึ่งมีค่าเท่ากับ 400 mg พบว่าตัวเก็บประจุที่ประดิษฐ์ได้นั้นไม่สามารถวัดค่าได้ โดยค่าที่วัดได้เสมือนกับ open circuit ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากการที่ PAAS ไม่สามารถยึดเกาะ $BaTiO_3$ ในปริมาณมากได้
จากผลการศึกษาตัวเก็บประจุแบบฟิลม์บางโดยใช้โพลีเมอร์เป็น PAAS ก็ได้ทำการเปลี่ยนพารามิเตอร์เป็นชนิดของโพลีเมอร์ ซึ่งได้แก่ PAA และ PI โดยมีผลดังนี้

(จ) ผลของการที่ใช้ PAA เป็นโพลีเมอร์เพื่อใช้ยึดอนุภาคของ $BaTiO_3$ นั้นไม่ได้ให้ผลที่ดีกว่าผลของการใช้ PAASเป็นตัวยึดอนุภาค และยังมีประสิทธิภาพทางไฟฟ้าที่ต่ำกว่าอีกด้วย โดยแสดงค่าในเฟสของค่าเหนี่ยวนำแทนใน ณ ความถี่ต่ำโดยพิจารณาจากค่าเก็บประจุที่ติดลบที่วัดได้ และมีค่าโน้มเอียงไปในแนวโน้มของการใช้ PAA หรือ PAAS ที่ยังไม่ผสมอนุภาค$BaTiO_3$ ดังนั้นการใช้ PAA มาใช้เป็นโพลีเมอร์เพื่อยึดอนุภาคของ$BaTiO_3$ จึงไม่เหมาะสมกับการนำมาประดิษฐ์

(ฉ) ผลของการที่ใช้PI เป็นโพลีเมอร์เพื่อใช้ยึดอนุภาคของ $BaTiO_3$นั้นได้ผลออกมาดีที่สุดโดยมีความเสถียรของค่าเก็บประจุสูงกว่า PAA และ PAAS มาก ค่าการสูญเสียในไดอิเล็กทริกก็มีค่าต่ำกว่า PAA และ PAASมาก โดยผลโดยรวมทุกด้านทำให้สรุปได้ว่า PI เป็นโพลีเมอร์ที่เหมาะสมกว่า PAA และ PAAS ในการประดิษฐ์ตัวเก็บประจุฟิล์มบาง

(ช) ผลของแรงกดและการเสื่อมสภาพของตัวเก็บประจุนั้นส่งผลกระทบต่อตัวเก็บประจุที่มี PI น้อยกว่า PAA และ PAAS มากโดยสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของค่าที่วัดซ้ำทุกๆ 1 สัปดาห์เป็นเวลา 1 เดือน

จากการเปลี่ยนพารามิเตอร์โดยการเปลี่ยน โพลีเมอร์ที่ใช้ยึดอนุภาคของ $BaTiO_3$ ผลคือ PI มีคุณสมบัติดีที่สุด และได้ทำการเปลี่ยนพารามิเตอร์เพิ่มอีกคือปริมาณ และแรงดันที่จ่ายให้กับตัวเก็บประจุที่มี PI เป็นโพลีเมอร์โดยมีผลดังนี้

(ซ) เมื่อเพิ่มปริมาณ $BaTiO_3$ ขึ้นพบว่าค่าตัวเก็บประจุที่ได้มีแนวโน้มที่สูงขึ้นแต่ค่าสูญเสียในไดอิเล็กทริกมีค่าที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณ $BaTiO_3$ถึงค่าหนึ่งคือ 45 %โดยปริมาตรค่าตัวเก็บประจุที่ได้ก็มีค่าลดลงซึ่งแสดงว่าการเพิ่มปริมาณของ $BaTiO_3$ มีปริมาณสูงสุดที่เพิ่มได้ซึ่งในการทดลองคือที่ 40% โดยปริมาตร

ตารางที่ 5.1 ค่าทางไฟฟ้าที่ทำการวัดที่ความถี่ 100 Hz 1Vในสัปดาห์ที่1

ความเข้มข้นของ $BaTiO_3$	30% โดยปริมาตร	35% โดยปริมาตร	40% โดยปริมาตร	45% โดยปริมาตร
ค่าเก็บประจุ	1.3 nF	1.7nF	1.9nF	1.4nF
ค่าสูญเสียไดอิเล็กทริก	0.509	95.48	88.14	71.615

(ฌ) เมื่อทำการวัดค่าที่แรงดันค่าต่างๆโดยทำการวัดที่แรงดัน 10 mV 100 mV และ 1 V พบว่าค่าเก็บประจุที่ได้นั้นมีค่าที่ 100 Hz เท่ากับ 30 nF 4.2 nF และ 1.3 nF ตามลำดับโดยผลการวัดที่แรงดันต่ำจะให้ค่าเก็บประจุที่สูงขึ้นอันน่าจะเป็นผลซึ่งเกิดจากกลไกการโพลาร์ไรซ์ภายในสารโดยจากทฤษฎีเมื่อ สนามไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลกระทบต่อ ค่าไดอิเล็กทริกและการโพลาร์ไรซ์ของสาร และค่าเก็บประจุที่ได้นั้นที่แรงดัน 1 V จะมีความเสถียรต่อความถี่สูงสุด

(ฎ) ค่าการสูญเสียในไดอิเล็กทริกที่ได้จะมีค่าลดลงตามความถี่ แต่ที่ความถี่ 40 kHz ค่าสูญเสียไดอิเล็กทริกจะมีค่าที่เพิ่มขึ้นโดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นสูงขึ้น เมื่อให้แรงดันที่ลดลง

(ญ) ค่าอิมพิแดนซ์รวมที่ทำการวัดได้นั้นมีค่าสูงขึ้นเมื่อให้แรงดันที่สูงขึ้นอันน่าจะเป็นผลจากผลกระทบของการเรียงตัวเป็นของขั้วของ $BaTiO_3$

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยพบข้อบกพร่องในการวัดคือไม่สามารถควบคุมแรงกดของขั้ววัดได้ดังนั้นถ้ามีเครื่องวัดที่สามารถควบคุมแรงกดได้ก็จะทำให้งานมีความคลาดเคลื่อนของค่าทางไฟฟ้าเช่นค่าเก็บประจุลดลง อีกทั้งในเรื่องของการนำไปใช้งานของอุปกรณ์จำเป็นที่จะต้องเพิ่มพารามิเตอร์ในการวัดอีกมากเช่นอุณหภูมิในการวัด ความชื้นและอื่นๆ เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นนั้นน่าจะส่งผลกระทบอย่างมากต่อสมบัติของ $BaTiO_3$ เพราะอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปก็ส่งผลกระทบต่อฮิสเทอร์ไรซิส และความชื้นก็น่าจะมีผลต่อการนำไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ