บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

วัสดุแบเรียมไททาเนต ($BaTiO_3$) เป็นหนึ่งในวัสดุที่ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอิเล็กโตรเซรามิก เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการเช่น มีค่าไดอิเล็กทริกสูง (high dielectric materials) ($\varepsilon_r \sim 3000$) (Cernea et al., 2005) มีสมบัติเฟร์โรอิเล็กทริกที่ดีเยี่ยม และมีความเป็นอิเล็กโตรออปติกสูง (Hou et al., 2005) สามารถนำมาประดิษฐ์เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญต่างๆ เช่น ตัวเก็บประจุ (capacitor) เครื่องตรวจวัดสัญญาณอินฟราเรด (Infrared detector) สิ่งประดิษฐ์ความจำ (memory device) เครื่องส่งเสียงสะท้อน (resonator) และใช้ในเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย โทรศัพท์มือถือ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาและปรับปรุงสมบัติทางไดอิเล็กทริกในวัสดุ $BaTiO_3$ เพื่อให้วัสดุ $BaTiO_3$ มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงขึ้น มีการสูญเสียทางไดอิเล็กทริกต่ำลง วิธีการปรับปรุงสมบัติทางไดอิเล็กทริก เช่น การสังเคราะห์วัสดุ $BaTiO_3$ ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การสังเคราะห์วัสดุ $BaTiO_3$ ด้วยวิธีปฏิกิริยาของแข็ง (Solid – State Reaction) วิธีโซลเจล (Sol – gel) วิธีไฮโดรเทอร์มอล (Hydrothermal) อย่างไรก็ตามการเตรียม $BaTiO_3$ ด้วยวิธีปฏิกิริยาของแข็งมีข้อเสียคือ ใช้ต้นทุนในการสังเคราะห์วัสดุผง $BaTiO_3$ สูง ใช้เวลาในการสังเคราะห์มาก อนุภาคที่เตรียมมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ และขนาดอนุภาคที่เตรียมได้มีขนาดอนุภาคในระดับไมโครเมตร สำหรับการสังเคราะห์ $BaTiO_3$ โดยวิธีโซลเจล มีข้อดีคือทำให้ได้อนุภาคขนาดเล็ก ง่ายต่อการควบคุมการเกิดกระบวนการรวมตัว และใช้อุณหภูมิการเตรียมต่ำในการสังเคราะห์ แต่ใช้เวลาในการสังเคราะห์มาก และมีต้นทุนในการสังเคราะห์สูง ส่วนวิธีการสังเคราะห์โดยวิธีไฮโดรเทอร์มอลมีข้อดีคือวัสดุ $BaTiO_3$ ที่เตรียมได้จะมีความเป็นผลึก ความบริสุทธิ์ และมีความเป็นเนื้อเดียวกันสูง มีขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตร ใช้อุณหภูมิในการเตรียมต่ำ แต่ข้อเสียของการสังเคราะห์วัสดุ $BaTiO_3$ คือ ใช้ต้นทุนในการสังเคราะห์สูง อีกทั้งยังสังเคราะห์วัสดุผงได้ในปริมาณที่น้อย ดังนั้นในการนำวัสดุ $BaTiO_3$ ไปใช้เชิงอุตสาหกรรมจึงจำเป็นต้องพัฒนาให้มีการเตรียมวัสดุ $BaTiO_3$ ให้ง่ายขึ้นไม่ซับซ้อน มีความเป็นเนื้อเดียวกันสูง มีขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตร และ ใช้ต้นทุนในการสังเคราะห์ถูกลง (Zhang et al., 2006) และอีกหนึ่งวิธีการปรับปรุงสมบัติทางไดอิเล็กทริก คือ การเจือวัสดุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่สูงเข้าไปในวัสดุ $BaTiO_3$ ซึ่งสมบัติทางไดอิเล็กทริกของวัสดุ $BaTiO_3$ เมื่อเทียบกับอุณหภูมิ ความถี่ สนามไฟฟ้า และ เวลา นั้นจะขึ้นอยู่กับการเติมสารตัวอื่นเข้าไปแทนที่ Ba หรือ Ti เช่น มีการเติม Sr^{2+} แทนที่ Ba^{2+} ใน $BaTiO_3$ ซึ่งจะช่วยลดอุณหภูมิคูรีเพื่อให้ได้อุณหภูมิเหมาะสมกับการใช้งาน หรือเพิ่มอุณหภูมิคูรีโดยการเติมเติม Pb^{2+} แทนที่ Ba^{2+} ใน $BaTiO_3$ หรือการเติมสารที่มีวาเลนซีมากกว่าสารที่ถูกแทนที่ เช่น Dy^{3+} ใน Ba^{2+} หรือ Nb^{5+} ใน Ti^{4+} เพื่อช่วยการควบคุมขนาดของเกรนและยับยั้งการเติบโตของเกรน หรือเติมธาตุทรานซิชัน เช่น Fe^{3+}, Ni^{2+} และ Co^{3+} แทนที่ Ti^{4+} เพื่อยับยั้งการเคลื่อนของผนังโดเมนซึ่งส่งผลให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกมีค่าสูงขึ้น (Moulson, Herbert, 2003)

ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงเลือกสังเคราะห์วัสดุ $BaTiO_3$ และ วัสดุ $BaTiO_3$ เจือด้วยเหล็ก ($Ba_{1-x}Fe_xTiO_3$, $0 \le x \le 0.05$) เพื่อเพิ่มสมบัติทางไดอิเล็กทริกของวัสดุ $BaTiO_3$ ให้มีค่าสูงขึ้น โดยใช้สารละลายเจลว่านหางจระเข้ซึ่งเป็นพอลิเมอร์จากธรรมชาติแทนการใช้พอลิเมอร์ที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีเนื่องจากสารละลายเจลว่านหางจระเข้เตรียมได้ง่าย ราคาถูก และไม่เป็นพิษ อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนในการผลิต $BaTiO_3$ และคาดว่าวัสดุที่เตรียมได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ได้จริงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 สังเคราะห์วัสดุ $BaTiO_3$ และ $BaTiO_3$ เจือด้วยเหล็ก ($Ba_{1-x}Fe_xTiO_3$, $0 \le x \le 0.05$) โดยวิธีแบบใหม่โดยใช้เจลว่านหางจระเข้เป็นตัวกลางในการละลาย

1.2.2 ศึกษาพฤติกรรมการเผาผนึกและโครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุ $BaTiO_3$ และ $BaTiO_3$ เจือด้วยเหล็ก ($Ba_{1-x}Fe_xTiO_3$, $0 \le x \le 0.05$) ที่เตรียมได้

1.2.3 ศึกษาสมบัติทางไดอิเล็กทริกของวัสดุที่เตรียมได้ภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความถี่

1.2.4 ศึกษาสมบัติทางไดอิเล็กทริกของวัสดุที่เตรียมได้ภายใต้การเปลี่ยนแปลงความเค้นและความถี่

1.2.5 อธิบายผลของการเจือเหล็กต่อสมบัติทางไดอิเล็กทริกของ $BaTiO_3$

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 สังเคราะห์วัสดุผงและวัสดุเซรามิก $BaTiO_3$ และ $BaTiO_3$ เจือด้วยเหล็ก ($Ba_{1-x}Fe_xTiO_3$, $0 \le x \le 0.05$) โดยใช้ว่านหางจระเข้เป็นตัวทำละลาย

1.3.2 ศึกษาลักษณะเฟสของโครงสร้างผลึก ศึกษาลักษณะสัณฐานของวัสดุผง และ วัสดุเซรามิก $BaTiO_3$ และ ($Ba_{1-x}Fe_xTiO_3$, $0 \le x \le 0.05$) ที่เตรียมได้

1.3.3 ศึกษาสมบัติทางไดอิเล็กทริกของวัสดุเซรามิก ที่เตรียมได้ภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความถี่ และ ความเค้น

1.4 สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

University of Arizona (USA)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถเตรียมวัสดุ $BaTiO_3$ และ $Ba_{1-x}Fe_xTiO_3$ ($0 \le x \le 0.05$) โดยวิธีอย่างง่ายและใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ

1.5.2 ได้วัสดุ $BaTiO_3$ และ $Ba_{1-x}Fe_xTiO_3$ ($0 \le x \le 0.05$) ที่มีสมบัติไดอิเล็กทริกเทียบเท่าหรือดีกว่าวัสดุ $BaTiO_3$ ที่มีขายทั่วไป

1.6 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

โครงสร้างของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ประกอบด้วย 6 บท คือ บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมา ความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขต สถานที่ และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษานี้ บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วยความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงสร้างและสมบัติทางไดอิเล็กทริกของวัสดุเซรามิก $BaTiO_3$ และ $BaTiO_3$ เจือด้วยเหล็ก ($Ba_{1-x}Fe_xTiO_3$, $0 \leq x \leq 0.05$) ปัจจัยต่าง ๆที่มีผลต่อสมบัติทางไดอิเล็กทริก ตลอดจนการประยุกต์ใช้งานของวัสดุไดอิเล็กทริกเซรามิกกลุ่มต่าง ๆ บทที่ 3 ทฤษฎีไดอิเล็กทริก กล่าวถึงความรู้พื้นฐานทางไดอิเล็กทริกที่สำคัญ บทที่ 4 วิธีการวิจัย แสดงถึงการสังเคราะห์วัสดุผง การเตรียมวัสดุเซรามิกตัวอย่าง และการศึกษาลักษณะของวัสดุผงและวัสดุเซรามิกด้วยเทคนิคต่าง ๆ รวมทั้งการทดสอบสมบัติทางไดอิเล็กทริกภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, ความถี่ และความเค้น บทที่ 5 ผลการวิจัยและอภิปรายผล ในบทนี้ได้แสดงผลของการศึกษาสมบัติพื้นฐานของวัสดุผงและวัสดุตัวอย่าง และผลการศึกษาสมบัติทางไดอิเล็กทริก รวมทั้งการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และพิจารณาถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เป็นเหตุเป็นผลซึ่งสามารถอธิบายพฤติกรรมที่เกิดขึ้น ส่วนบทสุดท้ายคือบทที่ 6 เป็นการสรุปผลของการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้