บทที่ 1
บทนำ

เลดเซอร์โคเนตไททาเนต (PZT) เป็นสารเฟร์โรอิเล็กทริกแบบปกติ (Normal ferroelectric) ที่ถูกค้นพบและพัฒนาเพื่อประยุกต์ใช้งานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มากมาย [1, 2] เนื่องจาก PZT เป็นสารที่แสดงสมบัติพิโซอิเล็กทริกที่โดดเด่น สามารถเปลี่ยนพลังงานกลไปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึงร้อยละ 45 – 55 ขึ้นกับสารที่เจือ ยิ่งไปกว่านั้น PZT ยังมีอุณหภูมิคูรีที่สูง จาก 230 – 490 $^{\circ}$C ขึ้นกับอัตราส่วน Zr:Ti โดยอัตราส่วนที่แสดงคุณสมบัติพิโซอิเล็กตริกที่โดดเด่นได้แก่ อัตราส่วน Zr:Ti มีค่าเท่ากับ 0.52:0.48 ซึ่งเป็นบริเวณรอยต่อเฟส (morphotropic phase boundary: MPB) โดย ณ อัตราส่วนนี้มีองค์ประกอบระหว่างเฟสรอมโบฮีดรอล (rhombohedral) และเตตระโกนอล (tetragonal) ผสมกันอยู่อย่างสมดุล และเนื่องจากความสามารถในการเรียงตัวของไดโพลในโครงสร้างรอมโบฮีดรอล มีเท่ากับ 8 และ 6 สำหรับเตตระโกนอล ส่งผลให้ความสามารถในการเรียงตัวของไดโพลในองค์ประกอบนี้ (Zr:Ti ~ 1:1) จึงมีค่าเท่ากับ 14 และด้วยเหตุผลนี้เองที่ทำให้อัตราส่วนนี้แสดงสมบัติพิโซอิเล็กตริกสูง [3] ด้วยเหตุผลที่ PZT มีอุณหภูมิคูรีสูงจึงสามารถนำไปใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ มีค่าสัมประสิทธิ์คู่ควบพิโซอิเล็กทริก (piezoelectric coupling factor) ที่สูงมาก และมีค่าไดอิเล็กทริก (ε_r) อยู่ในช่วงกว้าง ทำให้เซรามิกชนิดนี้มีความเหมาะสมในการประยุกต์ทำเป็นตัวขับเร้า (actuator) หรือ ตัวกักเก็บพลังงาน (energy storage) ถึงแม้ว่าเซรามิก PZT จะมีสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี แต่จากรายงานที่ผ่านมาพบว่าสมบัติเชิงกลของสารดังกล่าวมีค่าค่อนข้างต่ำ เช่น ความทนต่อการแตกหัก (fracture strength) และความต้านทานต่อรอยแยก (fracture toughness) [4, 5] ซึ่งสมบัติเชิงกลของวัสดุจะมีผลอย่างมากเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานที่ต้องใช้กำลัง หรือกรณีที่ใช้แรงกดสูง เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการรายงานการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของเซรามิกที่ใช้งานทางด้านโครงสร้าง โดยการเติมอนุภาคระดับนาโนของซิลิคอนคาร์ไบด์ และอะลูมินาออกไซด์ [6] ซึ่งเรียกวัสดุนี้ว่าวัสดุผสมขนาดนาโน (nanocomposites) จากการศึกษาวัสดุผสมขนาดนาโน PZT เจือด้วย Al_2O_3 (PZT/Al_2O_3) พบว่าเซรามิกดังกล่าวมีสมบัติเชิงกลดีที่สุดเมื่อเติมผงอะลูมินาออกไซด์ร้อยละ 1 โดยปริมาตร (1 vol% Al_2O_3) [5, 7, 8] อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานถึงผลทางโครงสร้างจุลภาคและสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมนี้เมื่อเติมผงอะลูมินามากกว่า 1 vol%

ถึงแม้ว่าเซรามิก PZT จะมีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ และมีการรณรงค์ให้หลีกเลี่ยงการใช้ตะกั่วเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ต่างๆ แต่ในความเป็นจริง อุตสาหกรรมต่างๆ ยังหลีกไม่พ้น

การผสมของสารตะกั่ว ดังนั้นเราจึงควรพัฒนาหาองค์ความรู้ในการยืดอายุการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของตะกั่วนี้ เพื่อให้ความต้องการในการผลิตชิ้นใหม่ขึ้นมาแทนที่ลดลง และลดปริมาณขยะที่เกิดจากสารประเภทนี้ เป็นการพยายามใช้งานชิ้นงานเหล่านี้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงทำให้เกิดแนวคิดในการทำวิจัยครั้งนี้ โดยการเติมสารเจือที่มีค่าความแข็งสูง ทำการเจือแบบเจือภายนอก ลงในผงผลึกเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่เตรียมโดยวิธีมิกซ์ออกไซด์ ในปริมาณต่างๆ กัน แล้วทำการศึกษาผลของสารเจือที่มีต่อโครงสร้างเฟส โครงสร้างจุลภาคและค่าความแข็งในระดับจุลภาค ของเซรามิกเลดเซอร์โคเนตไททาเนต โดยมุ่งหวังให้ค่าความแข็งของเซรามิก PZT ที่เติมสารเจือนี้มีค่าสูงขึ้น และยังคงมีค่าไดอิเล็กทริกที่เหมาะสมอยู่ในช่วงของการใช้งานได้

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาองค์ความรู้ในกระบวนการเตรียมผงผลึกเลดเซอร์โคเนตไททาเนตโดยวิธีมิกซ์ออกไซด์ ให้มีความบริสุทธิ์สูง
2. เพื่อศึกษาผลของสารเจือที่มีอนุภาคระดับนาโน ต่อสมบัติไดอิเล็กทริกและสมบัติเชิงกลของเซรามิกในระบบเลดเซอร์โคเนตไททาเนต
3. เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้ไปตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ รวมทั้งการเสนอผลงานแก่นักวิชาการทั้งในและต่างประเทศ

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการเตรียมผงผลึก และทำการเตรียมผงผลึกในระบบเลดเซอร์โคเนตไททาเนต และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเผาแคลไซน์
2. ศึกษาโครงสร้างเฟส และร้อยละเฟสบริสุทธิ์
3. เติมสารเจือในผงผลึกเลดเซอร์โคเนตไททาเนต ทำการขึ้นรูป และทำการเผาซินเตอร์โดยแปรชนิดและปริมาณของสารเจือ
4. ศึกษาและวิเคราะห์โครงสร้างเฟสของเซรามิกระบบเลดเซอร์โคเนตไททาเนต
5. ศึกษาสมบัติของเซรามิกในระบบเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่เติมสารเจือ เช่น สมบัติกายภาค โครงสร้างจุลภาค สมบัติไดอเล็กทริก ความแข็งระดับจุลภาค
6. หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน และโครงสร้าง และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมระหว่างสมบัติไดอิเล็กทริกและความแข็งระดับจุลภาคของเลดเซอร์โคเนตไททาเนตที่เติมสารเจือแต่ละชนิด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาความรู้และเทคโนโลยีในการเตรียมสารเซรามิกในระบบเลดเซอร์โคเนตไททาเนต ที่มีสมบัติไดอิเล็กทริกและค่าความแข็งระดับจุลภาคที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศ
2. เครือข่ายด้านการวิจัยระหว่างนักวิจัยในประเทศที่เป็นเมธีวิจัย นักวิจัยรุ่นกลางและนักวิจัยรุ่นใหม่ ทั้งนี้ในการวิจัยนี้จะได้รับคำปรึกษากับนักวิทยาศาสตร์หลายท่านที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการเตรียมและวิเคราะห์สารอิเล็กโทรเซรามิก อาทิเช่น ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.ทวี ตันฑศิริ ศาสตราจารย์ ดร.กอบวุฒิ รุจิจนากุล จากภาควิชาฟิสิกส์ และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ช่วยให้คำปรึกษาด้านงานวิจัยได้เป็นอย่างดี มีผลทำให้การดำเนินงานวิจัยมีความสะดวกมากขึ้น
3. ได้สร้างองค์ความรู้พื้นฐานให้กับหน่วยงานและบุคลากรของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งจะได้เตรียมความพร้อมและพัฒนาทั้งบุคลากรและหน่วยงานให้คุ้นเคยและเข้าใจงานวิจัยนี้และปรับระดับคุณภาพให้เป็นที่ยอมรับทั้งในระดับชาติและนานาชาติได้ โดยโครงการวิจัยนี้จะมุ่งเน้นในการตีพิมพ์ผลงานในระดับชาติ และระดับนานาชาติ