



### 1.1 ที่มาของปัญหา

ตัวโคอิเล็กตริกเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของตัวเก็บประจุไฟฟ้า เป็นตัวกำหนดขนาดความจุไฟฟ้า และขนาดแรงดันใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าต้องใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้ากับงานแรงสูง ที่มีพื้นที่ในการติดตั้งจำกัด ซึ่งปริมาตรของตัวเก็บประจุไฟฟ้าต้องมีขนาดเล็ก พอกับเนื้อที่ที่มีให้ ในกรณีเช่นนี้จำเป็นต้องเลือกใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้า ชนิดโคอิเล็กตริกที่มีค่าเปอร์มิททิวิตีสูง และมีความทนต่อแรงดันไฟฟ้าได้สูง การทำตัวเก็บประจุไฟฟ้าให้มีลักษณะสมบัติดังกล่าว อาจทำได้โดยการใช้สารเซรามิกส์เป็นตัวโคอิเล็กตริก

ตัวเก็บประจุไฟฟ้าชนิดโคอิเล็กตริกเซรามิกส์ มีที่ใช้งานอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับงานในระบบสื่อสาร และวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง แต่ในปัจจุบันนี้ยังต้องสั่งซื้อตัวเก็บประจุไฟฟ้าชนิดนี้จากต่างประเทศ ในราคาที่สูงเป็นจำนวนมาก ๆ สมควรอย่างยิ่งที่จะมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับตัวโคอิเล็กตริก ชนิดเซรามิกส์เพื่อนำไปสู่การพัฒนาสร้างตัวเก็บประจุไฟฟ้า ชนิดโคอิเล็กตริกเซรามิกส์ขึ้นใช้เอง ทั้งนี้เพราะมีเทคโนโลยีทางด้านเซรามิกส์ และวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูงเพียงพอ อีกทั้งยังมีอุปกรณ์และห้องปฏิบัติการที่จะใช้ในการศึกษาวิจัยพร้อมแล้ว ในสถาบันต่าง ๆ ภายในประเทศ

### 1.2 เซรามิกส์ทั่วไป

เซรามิกส์เป็นวิชาที่ประกอบด้วยศิลปะและวิทยาศาสตร์ของการผลิต และการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็ง มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นวัสดุประเภท อนินทรีย์ และเป็นอโลหะ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่ เครื่องปั้นดินเผา ปอร์ซเลน วัตถุทนไฟ วัสดุก่อสร้างที่เป็น-ดินเผา วัสดุฉนวน โลหะเคลือบ ซีเมนต์ แก้ว วัสดุที่ใช้ในงานเกี่ยวข้องกับแม่เหล็ก-ไฟฟ้า และวัสดุประเภทเฟอร์ไรต์เล็กตริก เป็นต้น

อุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญในทุกประเทศ ถือเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานรองรับอุตสาหกรรมอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น วัตถุดิบไฟซินิคต่าง ๆ เป็นวัสดุพื้นฐานของอุตสาหกรรมดอลง และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ วัสดุซัลฟิดก็เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องจักร เครื่องมือ และอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ ผลิตภัณฑ์แก้วมีความจำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ สถาปัตยกรรมไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ ซีเมนต์มีความสำคัญต่อสถาปัตยกรรม และการก่อสร้าง นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะทางด้านไฟฟ้า และแม่เหล็กอีกหลายอย่าง ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในระบบควบคุม ใช้ในคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

### 1.2.1 ชนิดต่าง ๆ ของเซรามิกส์

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีมากมายหลายชนิด จะขอยกมาเป็นตัวอย่างพอสังเขป คือ

ผลิตภัณฑ์แก้ว ซึ่งประกอบด้วยผลิตภัณฑ์พวกภาชนะเครื่องแก้วต่าง ๆ กระฉก หลอดไฟฟ้า โคมไฟฟ้า เนื้อแก้วที่ไม่ใช่ซิลิเกต ใช้ประโยชน์ในการส่งผ่านแสงอินฟราเรด และมีคุณสมบัติพิเศษอื่น ๆ คือแสง ไพโรเซอรัม หรือ กลาสเซรามิกส์ (pyroceram or glass ceramics) ผลิตภัณฑ์ซึ่งผลิตในรูปของแก้วก่อน แล้วจึงทำให้เกิดนิวเคลียส และตกผลึกออกมาอีกทอดหนึ่ง

ผลิตภัณฑ์ปูนขาว ยิปซัม (gypsum) ซีเมนต์ แร่กินชาว หินฟันม้า และควอรตซ์ (quartz)

ผลิตภัณฑ์เซรามิกเคลือบผิว ได้แก่ ยูเรเนียมไดออกไซด์ ( $UO_2ThO_2$ ) เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก มีประโยชน์ใช้ในสมองกลคอมพิวเตอร์ และเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เฟอร์ไรต์ (ferrite) เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลึกเดี่ยว ปัจจุบันมีการผลิตมากขึ้นเพื่อใช้ทดแทนผลึกที่เกิดตามธรรมชาติ เนื่องจากมีคุณสมบัติเฉพาะที่ต้องการ เช่น ผลึกของแซฟไฟร์ (sapphire) ซึ่งผลิตโดยให้ผลึกเติบโตจากแซฟไฟร์ที่หลอมเหลว หรือ ผลึกขนาดใหญ่ของควออร์ซ โดยการปล่อยให้เติบโตโดยกรรมวิธีการไฮโดรเทอร์มอล

ผลิตภัณฑ์ไนไตรด์ (nitride) มีคุณสมบัติหลายประการที่ใช้ในงานที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ เช่น อลูมินัมไนไตรด์ใช้สำหรับหลอมอลูมินัม วัตถุทนไฟ ซิลิกอนไนไตรด์ โบรอนไนไตรด์ที่ผลิตโดยใช้ความร้อน และความดันสูงมาก ๆ ใช้เป็นทั้งวัตถุทนไฟและฉนวน

ผลิตภัณฑ์โลหะเคลือบ เช่น ถ้วยชาม จานกะละมัง ปืนโต เครื่องประดับ และโลหะเคลือบที่เป็นอลูมินัมเคลือบ

ผลิตภัณฑ์ผสมระหว่างโลหะกับเซรามิกส์ ใช้เป็นส่วนประกอบเครื่องมือต่าง ๆ และเป็นวัตถุทนไฟ ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ เช่น คาร์ไบด์-โลหะ โลหะผสมของโครเมียม อลูมินัมออกไซด์

ผลิตภัณฑ์คาร์ไบด์ ซิลิกอนคาร์ไบด์ และโบรอนคาร์ไบด์ ใช้เป็นวัสดุขัดถู

ผลิตภัณฑ์ออกไซด์บริสุทธิ์ที่มีความสม่ำเสมอของเนื้อเซรามิกส์ มีคุณสมบัติเฉพาะแก่การใช้เป็นฉนวนไฟฟ้า และทนความร้อนได้สูง ออกไซด์ที่ใช้มากได้แก่ อลูมินา ( $Al_2O_3$ ) เซอร์โคเนีย ( $ZrO_2$ ) ทอเรีย ( $ThO_2$ ) เบอริลเลีย ( $BeO$ ) แมกนีเซียม ( $MgO$ ) สไปเนล ( $MgAl_2O_4$ ) ฟอสเฟอไรท์ ( $MgSiO_4$ ) และ ทิตาเนียม-ไดออกไซด์ ( $TiO_2$ )<sup>18</sup> และแบเรียมออกไซด์ ( $BaO$ ) เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์เพอร์โรอิเล็กทริกเซรามิกส์ ได้แก่ทิตาเนียมไดออกไซด์ ( $TiO_2$ ) และแบเรียมทิตาเนต ( $BaTiO_3$ ) สตรอนเทียมทิตาเนต ( $SrTiO_3$ ) มีคุณสมบัติเหมาะสมแก่การเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี มีค่าเปอร์mittivityสูงเหมาะแก่การนำมาใช้งานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์

การศึกษาวิชาเซรามิกส์ จำเป็นต้องศึกษาตั้งแต่วัตถุดิบที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ เซรามิกส์ แหล่งวัตถุดิบ การแต่งวัตถุดิบให้มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการผลิต คุณสมบัติเฉพาะตัวหรือคุณสมบัติประจำตัวของวัตถุดิบ เช่น ส่วนประกอบทางเคมี เนื้อสาร- หรือสินแร่ โครงสร้างของผลึก การกระจายของขนาดของอนุภาค สี และคุณสมบัติต่าง ๆ ระหว่างเผา และหลังจากการเผา ศึกษาหาส่วนผสมของวัตถุดิบที่เหมาะสม เมื่อผลิตเป็น ผลิตภัณฑ์แล้ว จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ ศึกษาหาวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการ ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แต่ละรูปแบบ แต่ละชนิดให้เหมาะสมเพื่อจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และการ สูญเสียผลิตภัณฑ์ในกรรมวิธีการผลิตน้อยลง เมื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แล้วก็ต้องศึกษาวิธีการอบ- ผลิตภัณฑ์ให้แห้งก่อนเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา ศึกษาผลต่าง ๆ ทั้งทางเคมีและฟิสิกส์ที่เกิด ขึ้นระหว่างการเผา และหลังเผา เมื่อเผาผลิตภัณฑ์สำเร็จแล้ว ก็ต้องศึกษาวิธีการตรวจสอบคุณภาพและคุณสมบัติต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมกับชนิดของผลิตภัณฑ์ และเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานตามต้องการหรือไม่ และต้องศึกษาหาวิธีการปรับปรุงแก้ไข ให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ยั่งยืน ในการศึกษาสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ทุกสาขามีส่วนเข้ามาเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นฟิสิกส์ เคมี ฟิสิกอลเคมี เทอร์โมไดนามิก วิธีการวัดและการวิเคราะห์

### 1.2.2 ฉนวนเซรามิกส์

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. เซรามิกส์เนื้อพูน เป็นฉนวนที่มีเนื้อพูนอุกซิมความชื้นและน้ำได้สูง ส่วนผสมของเซรามิกส์เนื้อพูนประกอบด้วย กินเหนียว เฟลสปาร์ ฟรินท์ ซิลิเซีย และไม้ก๊อก เซรามิกส์พวกนี้เมื่อเวลาเผาจนถึงจุดเยิ้มตัวแล้วจะเกาะกัน บริเวณที่เป็น ซิลิเซียจะไหม้และทำให้เนื้อเกิดพูน เซรามิกส์พวกนี้มีคุณสมบัติใช้อย่างฉับพลันเป็นพิเศษ จึงนิยมใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าชั่วคราวทำความร้อนของเตาคัมภ์น้ำ ไฟฟ้า และตัวความต้านทานปรับค่าได้

2) ฉนวนเซรามิกส์เน็อบอร์ชเลนที่มีส่วนผสมหลักของหินฟันมา คินเหนียว และหินแก้ว และสารประกอบอื่น ๆ เผาจนถึงจุดสุกตัวทนแรงกลได้ดี ที่ผิวเคลือบมันและเรียบ ป้องกันการเกาะจับของฝนละออง สิ่งสกปรกและน้ำที่เกิดจากฝนหรือการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศ เซรามิกส์แบบนี้เหมาะสำหรับใช้เป็นฉนวนด้วยฉนวนไฟฟ้า ทั้งแรงดันต่ำ และแรงดันสูง เนื้อของฉนวนด้วยเน็อบอร์ชเลนมีคุณสมบัติทนความร้อนเปลี่ยนแปลงฉับพลัน ทนความร้อนได้สูง และทนแรงดันไฟฟ้าได้สูง

3) ฉนวนเซรามิกส์ประเภทเฟอร์โรอิเล็กทริก เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ทำจากส่วนผสมของสารประกอบประเภทิตาเนต เช่น ติตานิยมไดออกไซด์ ( $TiO_2$ ) สารแบเรียมติตานิยมไดออกไซด์ ( $BaTiO_3$ ) และสตรอนเทียมติตานิยมไดออกไซด์ ( $SrTiO_3$ ) เป็นต้น ฉนวนเซรามิกส์ประเภทเฟอร์โรอิเล็กทริก จะมีเนื้อละเอียดสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน มีความต้านทานสูง มีความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าได้สูง มีค่าสูญเสียพลังงานต่ำ มีคุณสมบัติในการเกิดโพลาไรเซชันได้ดี ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้จึงทำให้สารเฟอร์โรอิเล็กทริกเหมาะที่จะนำมาใช้ทำเป็นตัวไดอิเล็กทริกของตัวเก็บประจุไฟฟ้าได้ดี

### 1.3 วัตถุประสงค์และขอบข่ายของงานวิจัย

วิจัยส่วนผสมของไดอิเล็กทริกชนิดเซรามิกส์ ที่มีค่าเปอร์มิตทิวิตีสูง ที่ใช้เป็นไดอิเล็กทริกของตัวเก็บประจุไฟฟ้า โดยการวิเคราะห์จากตัวไดอิเล็กทริก ของตัวเก็บประจุไฟฟ้าชนิดเซรามิกส์ ที่มีผลผลิตจำหน่ายในเชิงการค้าจากต่างประเทศ ทำการทดลองทำตัวไดอิเล็กทริกตามส่วนผสมของสารประกอบ ที่วิเคราะห์ได้ ทดสอบคุณสมบัติของไดอิเล็กทริกที่ทำขึ้น เปรียบกับค่าของไดอิเล็กทริกที่มีคุณภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย