

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันวิทยาการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังได้รับความสนใจศึกษา และค้นคว้ากันอย่างกว้างขวาง ทำให้วิทยาการทางด้านนี้มีความเจริญก้าวหน้าเป็นอันมาก การผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ดีและมีคุณภาพ ตลอดจนมีความทันสมัยอยู่เสมอทั้งในด้านขนาดและรูปร่าง เป็นหัวใจที่สำคัญประการหนึ่งของเทคโนโลยีทางด้านนี้ วัสดุอิเล็กทรอนิกส์ (electro-ceramic materials) ก็เป็นอีกชนิดหนึ่งที่ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการพัฒนาเทคโนโลยีสาขานี้ โดยมีแนวโน้มที่จะพัฒนาขนาดของผลิตภัณฑ์ในแง่ที่จะลดขนาดของผลิตภัณฑ์ให้เล็กลงมากที่สุด ในขณะที่เดียวกันก็ต้องพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงขึ้นอีกด้วย

แบเรียมติตาเนต (BaTiO_3) เป็นวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ตัวหนึ่งที่มีความสนใจในการนำมาศึกษาและพัฒนาไปสู่การผลิตเป็นอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ โดยในยุคแรกก็นำสารตัวนี้มาใช้งานจะนำมาทำเป็นทรานสดิวเซอร์ (transducers) แต่ในปัจจุบันได้มีการนำสารชนิดนี้มาใช้ในการผลิตตัวเก็บประจุที่มีค่าสภาพยอมสัมพัทธ์สูงและตัวเก็บประจุแบบหลายชั้น (Multilayer-Capacitors , MLC)⁽⁴¹⁾ เทอร์มิสเตอร์ชนิดพีทีซี (PTC thermistor) ก็เป็นอีกตัวหนึ่งที่สามารถผลิตจากแบเรียมติตาเนตได้ โดยที่อุปกรณ์ชนิดนี้จะมีค่าสัมประสิทธิ์ของสภาพต้านทานไฟฟ้าตามอุณหภูมิเป็นบวก (Positive Temperature Coefficient of Resistivity , PTCR) ซึ่งเป็นตัวต้านทานชนิดหนึ่งที่นำกระแสไฟฟ้าได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ และนำกระแสได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงถึงค่าหนึ่ง สมบัติดังกล่าวนี้ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยผลิตเป็นชิ้นส่วนภายในอุปกรณ์หลายชนิด เช่น สวิตช์ เซ็นเซอร์ ตัวสตาร์ทมอเตอร์ และตัวควบคุม⁽⁴¹⁾ ซึ่งวัสดุตัวนี้เริ่มศึกษามาตั้งแต่ในช่วงต้นปี ค.ศ. 1955 โดยการเติมสารที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน +3 หรือ +5 ลงไปในแบเรียมติตาเนตในปริมาณที่เหมาะสม ก็จะทำให้แบเรียมติตาเนตมีสมบัติทางไฟฟ้าเป็นสารกึ่งตัวนำ โดยไม่ทำลายสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกของวัสดุ⁽²⁸⁾

คุณลักษณะของเทอร์มิสเตอร์ชนิดพีทีซีที่ได้นั้น โดยทั่วไปจะต้องมีสมบัติต่างๆ ดังนี้คือ ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิคูรี (Curie Temperature) จะมีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเหมือนกับสารกึ่งตัวนำโดยทั่วไป แต่เมื่อถึงอุณหภูมิหนึ่งที่เรียกว่าอุณหภูมิคูรี ความต้านทานจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานตามอุณหภูมิ (α) มีค่ามาก ส่วนค่าของ

ผลต่างระหว่าง $\log$ ของสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงสุดกับ $\log$ ของสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำสุด ซึ่งเรียกว่า ขนาด (Magnitude) ของพีทียีนนั้นจะต้องมีค่ามากด้วย เพื่อเป็นการบ่งบอกว่าเทอร์มิสเตอร์ตัวนี้มีประสิทธิภาพดี โดยขนาดของพีทียีนจะเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าเทอร์มิสเตอร์มีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด

โดยปกติแล้ว แบเรียมติตาเนตบริสุทธิ์ (pure BaTiO_3) มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า แต่เมื่อเติมโลหะออกไซด์บางชนิด เช่น La^{+3} , Y^{+3} , Nb^{+5} , Ta^{+5} จะทำให้สภาพต้านทานไฟฟ้าลดลงกลายเป็นสารกึ่งตัวนำและแสดงลักษณะเฉพาะของ PTCR ได้^(18,20) นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการเจือเพิ่มด้วย MnO_2 จะช่วยทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของสภาพต้านทานไฟฟ้าตามอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของโลหะออกไซด์และ MnO_2 ต้องมีความเหมาะสม^(8,9) อีกทั้งกระบวนการซินเตอร์ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อลักษณะเฉพาะของ PTCR^(14,24) และนอกจากนี้ยังพบว่าแม้จะทำการเลือกเงื่อนไขที่กล่าวมาข้างต้นได้เหมาะสมแล้ว แต่ไม่ได้เลือกวัสดุที่นำมาทำเป็นขั้วไฟฟ้าให้เหมาะสมด้วย ก็ไม่สามารถทำให้ได้เทอร์มิสเตอร์ที่ดีได้ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำขั้วไฟฟ้าเป็นตัวแปรหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับลักษณะเฉพาะของ PTCR ซึ่งพบว่าถ้าใช้ขั้วไฟฟ้าที่ผิวสัมผัสระหว่างขั้วกับซินตัวอย่างเป็นแบบโอห์มิก (ohmic contact) จะทำให้ได้ลักษณะเฉพาะของ PTCR ที่มีขนาดสูงขึ้นและสภาพต้านทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้องมีค่าต่ำ แต่ถ้าใช้ขั้วไฟฟ้าที่ผิวสัมผัสระหว่างขั้วกับซินตัวอย่างเป็นแบบไม่เป็นโอห์มิก (non-ohmic contact) จะทำให้ได้ลักษณะเฉพาะของ PTCR ที่มีขนาดต่ำลงและสภาพต้านทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้องมีค่าสูง⁽²⁰⁾ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเลือกวัสดุที่นำมาทำเป็นขั้วไฟฟ้านั้นก็เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญเช่นกัน ในการทำให้ได้เทอร์มิสเตอร์ชนิดพีทียีนที่มีสภาพต้านทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่ำมากน้อยแค่ไหน และการเลื่อนอุณหภูมิคูรีขึ้น/ลง ตามความเหมาะสมของการใช้งานนั้น สามารถทำได้โดยการเติม Pb^{+2} หรือ Sr^{+2} ตามลำดับ^(1,3)

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาผลของขั้วไฟฟ้าโลหะที่มีต่อลักษณะเฉพาะของพีทียีนของเซรามิกแบเรียม - สทรอนเซียมติตาเนต เพื่อหาขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสมในการศึกษา โดยในขั้นแรกได้ทำการศึกษาปริมาณของสารเจือ (donor dopant) และกระบวนการซินเตอร์ที่เหมาะสมซึ่งในที่นี้เลือกใช้ Sb_2O_3 เป็นสารเจือเพื่อทำให้แบเรียมติตาเนตมีสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ และได้เติมสทรอนเซียมติตาเนตลงไปเพื่อลดอุณหภูมิคูรี และนอกจากนี้ยังเติม TiO_2 ที่มากเกินไป (excess TiO_2) และ SiO_2 เป็นตัวช่วยในกระบวนการซินเตอร์เพื่อลดอุณหภูมิซินเตอร์ให้ต่ำลง เมื่อได้เงื่อนไขต่าง ๆ ข้างต้นที่เหมาะสมแล้วก็ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าการหดตัว ค่าความพูน การตรวจวิเคราะห์ด้วย XRD และสมบัติทางไฟฟ้า ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพต้านทานไฟฟ้าเทียบกับอุณหภูมิ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ที่ตกคร่อม

สารตัวอย่าง ค่าสภาพยอมสัมพัทธ์และค่าแฟกเตอร์การสูญเสียในรูปของความร้อนของ ไดอิเล็กตริก พร้อมกันนี้ยังได้ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของสารตัวอย่างด้วย โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเตรียมเซรามิกแบเรียม - สทรอนเชียม ดิตาเนต ($\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3$) ที่มีสมบัติของสภาพต้านทานไฟฟ้าตามอุณหภูมิเป็นบวก ซึ่งประกอบไปด้วย เวลาที่ใช้ในการหมุนผสมสาร (ball-milled) ปริมาณสารเจือ และเวลาที่ใช้ในการซินเตอร์
2. ศึกษาผลของขั้วไฟฟ้าโลหะที่มีต่อลักษณะเฉพาะของ PTCR ของเซรามิกแบเรียม - สทรอนเชียมดิตาเนต เพื่อหาขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสมในการศึกษาปรากฏการณ์ PTCR