บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ปัจจุบันเทคโนโลยีวัสดุมีความจำเป็นมากในการผลิตสิ่งประดิษฐ์และอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะการพัฒนาคุณภาพของอุปกรณ์ เช่น จะมีผลิตอย่างไรให้มีขนาดเล็กกระทัดรัดเพื่อความสะดวกในการประกอบวงจรไฟฟ้า โดยคุณภาพสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีการศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติอื่นๆของสารกลุ่มอิเล็กโตรเซรามิก (electroceramics) กันมาก โดยเฉพาะสารเซรามิกที่ให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงที่นิยมนำมาผลิตเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้า เพราะสมบัติของสารกลุ่มนี้จะแปรผันตามปัจจัยการผลิต เช่น สารตั้งต้น เวลาการบดผสม แรงอัด อุณหภูมิขณะเตรียมสาร อุณหภูมิขณะวัดค่า ความถี่ เป็นต้น เช่นสารประกอบแบเรียมไทเทเนท ($BaTiO_3$) ซึ่งเป็นสารเฟอร์โรอิเล็กทริก(ferroelectrics) ที่นิยมนำมาผลิตเป็นตัวเก็บประจุ เพราะเป็นสารไทเทเนทที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงกว่าสารไทเทเนทชนิดอื่น โดยเมื่อนำแบเรียมไทเทเนทบริสุทธิ์ไปเผาอบผนึก (sintering) ที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียสพบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกขึ้นอยู่กับขนาดของเกรนในสถานะเฟอร์โรอิเล็กทริกเพียงอย่างเดียว (Kinoshita and Yamaji, 1975) นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิให้กับโมเลกุลของสารหรือการเพิ่มพลังงานให้กับอะตอมภายในเนื้อสาร เมื่ออะตอมได้รับพลังงานจะเกิดการแพร่ และหากอะตอมที่ได้รับพลังงานมีค่ามากกว่าศักย์ยึดเหนี่ยวของอะตอมข้างเคียงก็จะทำให้เกิดการแทนที่อะตอมภายในโครงผลึก โครงสร้างของสารก็จะเปลี่ยนแปลงไป หรือหากเติมสารเจือที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน ระหว่าง 3 – 5 ลงไปในแบเรียมไทเทเนทแล้วเผาที่ อุณหภูมิสูงๆ การแทนที่ของอะตอมของสารเจือจะทำให้โครงสร้างสารเปลี่ยนเนื่องจากรัศมีอิออนของสารเจือที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น เมื่อนำแบเรียมไทเทเนทมาเจือด้วยสตรอนเตียมคาร์บอเนต และไนโอเบียมออกไซด์ แล้วเผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 1,340 – 1,400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 – 3 ชั่วโมงโดยให้อัตราการเพิ่มเท่ากับ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที พบว่าสารเปลี่ยนโครงสร้างจากลูกบาศก์ (cubic) ไปเป็นเตตระโกนอล (tetragonal) (ธนู ครุธกูล,2530) หรือการเจือสารลงไปในแบเรียมไทเทเนทมีผลทำให้ขนาดของผลึกเปลี่ยนแปลงไป เช่น แบเรียมไทเทเนทบริสุทธิ์มีขนาดของโครงผลึกเท่ากับ 30 นาโนเมตร แต่เมื่อเจือ La และ Mn ลงไปทำให้โครงผลึกขยายตัวออกไปเป็น 100 นาโนเมตร (Hsing-I และคณะ,1996) นอกจากอุณหภูมิจะมีผลต่อค่าคงที่ไดอิเล็กทริกแล้ว ความถี่ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งนี้เพราะการแกว่งกวัดของขั้วคู่ไฟฟ้า (electric dipole)ในเนื้อสาร แล้วทำให้เกิดการสูญเสียทางไดอิเล็กทริก (dielectric loss) เนื่องจากการ

ชนกันของอะตอมข้างเคียงและเกิดการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานความร้อน เช่นเมื่อนำแบเรียมไทเทเนทไปวัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกพบว่าที่ความถี่ต่ำๆค่าคงที่ไดอิเล็กทริกจะคงที่ แต่เมื่อความถี่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกลดลง ทั้งนี้เพราะขั้วคู่ไฟฟ้าในโมเลกุลของสารกวัดแกว่งไม่ทันตามค่าการเปลี่ยนแปลงของสนาม (สอาด จันต๊ะดาด,2530)

จากผลกระทบทางกายภาพและทางไดอิเล็กทริกของแบเรียมไทเทเนทเนื่องจากอุณหภูมิและความถี่ที่กล่าวมาเห็นได้ว่าในการพัฒนาสมบัติของแบเรียมไทเทเนทนั้นยังสามารถศึกษาได้อีกหลากหลายแนวทาง ในที่นี้จะเลือกศึกษาการเตรียมแบเรียมไทเทเนทจากแบเรียมคาร์บอเนต กับไทเทเนียมไดออกไซด์โดยวิธีทั่วไป แล้วเปรียบเทียบกับแบเรียมไทเทเนทบริสุทธิ์ ว่าแตกต่างกันอย่างไร ทั้งนี้เพื่อจะได้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาสมบัติของแบเรียมไทเทเนทในโอกาสต่อไป

การตรวจเอกสาร

สำหรับสมบัติของแบเรียมไทเทเนท มีการศึกษาเป็นลำดับดังนี้

ทวี ตันฆศิริ และ กอบวุฒิ รุจิจนากุล (1996) ศึกษาผลของขนาดของอนุภาคที่มีต่อสมบัติทางกายภาพในแบเรียมไทเทเนทเซรามิก โดยนำผงแบเรียมไทเทเนทที่ได้จากการตกตะกอนของแบเรียมไทเทนิวออกซาเลตเตตระไฮเดรตไปอบคลายเครียดที่อุณหภูมิ 800 – 1,200 องศาเซลเซียส และเผาอบผนึกที่ 1,380 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมงแล้วศึกษาสมบัติทางกายภาพ คือ การเปลี่ยนสถานะ ขนาดของเกรน ความเป็นเตตระโกนอล ความหนาแน่น ค่าการหดตัว ค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ (Relative permittivity) ได้ผลดังภาคผนวก ช

Ikeda และคณะ (1991) เตรียมแบเรียมไทเทเนทจากแบเรียมคาร์บอเนตกับไทเทเนียมออกไซด์ โดยการบดผสมสารทั้งสองเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ได้อนุภาคมีขนาด 1.1 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปเจือด้วย Co_3O_4 ในปริมาณ 0.25 โมลเปอร์เซ็นต์ แล้วแบ่งสารออกเป็น 5 ชุด โดยแต่ละชุดเจือสารไนโอเบียมออกไซด์ (Nb_2O_5)ในปริมาณ 0.0, 0.2, 0.4, 0.8 และ 1.0 โมลเปอร์เซนต์ตามลำดับแล้วขึ้นรูปสารโดยใช้แรงอัด 196 MPa ได้สารตัวอย่างหนา 0.5 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 มิลลิเมตร และเผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 1,340 และ 1,400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ผลการตรวจสอบโครงสร้างผลึกด้วยเครื่องเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffractometer) จากระนาบ (200) และ (002) โดยขณะที่ฉายรังสีเอกซ์ให้ศักย์ไฟฟ้ากระแสตรงกับสารตัวอย่างด้วย พบว่า สารที่เจือไนโอเบียมปริมาณ 0.0, 0.2 และ 0.4 โมลเปอร์เซ็นต์ที่เผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 1,340 องศาเซลเซียส มีโครงสร้างแบบเตตระโกนอล ในขณะที่เจือไนโอเบียมออกไซด์ในปริมาณ 0.8 และ 1.0 โมลเปอร์เซนต์ที่อุณหภูมิเผาอบผนึกเดียวกันมีโครงสร้างเปลี่ยนเป็นลูกบาศก์เทียม และ

การเปลี่ยนโครงสร้างไปเป็นลูกบาศก์เทียมดังกล่าวเกิดขึ้นพร้อมๆกับการเพิ่มสนามไฟฟ้าให้กับสาร และเปลี่ยนเป็นลูกบาศก์เทียมที่สมบูรณ์เมื่อสนามไฟฟ้าที่ให้มีค่าเท่ากับ 6 โวลต์ต่อไมโครเมตร สาเหตุที่ทำให้สารเปลี่ยนโครงสร้างจากเตตระโกนอลไปเป็นลูกบาศก์เทียม เนื่องจากสนามไฟฟ้าที่ให้แก่สารไปทำให้ไอออนของไทเทเนียม (Ti^{4+}) เลื่อนตำแหน่งจาก (½ ½ ½) ไปอยู่ในตำแหน่ง (½ ½ 0.52) และเมื่อโครงสร้างสารเปลี่ยนไปทำให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกลดลง

Parkash และคณะ (1992) ศึกษาโครงสร้างของแบเรียมไทเทเนทที่เตรียมจากแบเรียมคาร์บอเนต แลนทานัมออกซาเลต ไทเทเนียมไดออกไซด์ และ คอปเปอร์ออกไซด์ บดผสมสารทั้ง 4 ชนิดตามสูตรที่ใช้ในการผสมคือ $Ba_{1-x}La_xTi_{1-x}Cu_xO_3$ โดยให้ x มีค่าเท่ากับ 0.05, 0.10, 0.30 และ 0.50 ตามลำดับ นำไปเผาแคลไซน์ ที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง สารที่ได้จากการเผาแคลไซน์นำมาบดใหม่แล้วขึ้นรูปแบบทรงกระบอกตัด (pellet) ก่อนนำไปเผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ผลการตรวจสอบโครงสร้างพบว่าสารที่มีค่า x เท่ากับ 0.05 มีโครงสร้างแบบเตตระโกนอลเหมือนกับของแบเรียมไทเทเนทบริสุทธิ์ ความยาวแกน a และ c ในโครงผลึกลดลงเล็กน้อยซึ่งตรงกับค่าของแบเรียมไทเทเนทบริสุทธิ์ ส่วนสารที่มีค่า x เท่ากับ 0.10 ,0.30 และ 0.50 มีโครงสร้างแบบลูกบาศก์ โดยความยาวแกน a ในโครงผลึกลดลงตามการเพิ่มของ x เนื่องจาก La^{3+} เข้าไปแทนที่ในตำแหน่งของ Ba^{2+} และ Cu^{3+} แทนที่ในตำแหน่งของ Ti^{4+} โดยรัศมีอิออนของ La^{3+} มีขนาดเล็กกว่า Ba^{2+} และ รัศมีอิออนของ Cu^{3+} น้อยกว่า Ti^{4+} เมื่อหารัศมีของ Ba^{2+},La^{3+},Ti^{4+},Cu^{3+}และ Cu^{2+} ได้เป็น 0.161, 0.146, 0.0605, 0.054 และ 0.073 นาโนเมตรตามลำดับ

Basantakumar และคณะ (1993) เตรียมแบเรียมไทเทเนทจากแบเรียมอะซิเตต$[Ba(CH_3H_7)_2]$ และไทเทเนียมไอโซโปรปอกไซด์ $[Ti(OC_3)H_7]$ ขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1,250 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซ็นติเมตร เผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วนำไปทำขั้วในน้ำมันที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงโดยให้สนามไฟฟ้าขณะทำขั้วเท่ากับ 30 kV/cm^{-1}

ผลการวัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเทียบกับความถี่ตั้งแต่ 0.1 – 100 kHz พบว่าเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นค่าคงที่ไดอิเล็กทริกลดลงโดยตัวอย่างที่ไม่ผ่านการทำขั้วมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกต่ำกว่าตัวอย่างที่ผ่านการทำขั้ว และเมื่อวัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเทียบกับอุณหภูมิพบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกมีค่ามากที่สุดที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส

Hsiang และ Yen (1993) ศึกษาสมบัติไดอิเล็กทริกของแบเรียมไทเทเนท โดยนำแบเรียมไทเทเนทบริสุทธิ์ 99.98 % เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ภายหลังเผาแคลไซน์นำสารมาบด 10 ชั่วโมงโดยใส่อะซิโตนขณะบด ภายหลังการบดนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 - 80 องศาเซลเซียส แล้วนำไปขึ้นรูปภายใต้แรงดัน 160 MPaได้สารที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง

50 มิลลิเมตรหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร นำสารเผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 1,350 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมงโดยเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อนาที หลังจากนั้นนำสารไปบดเพื่อจำแนกขนาดของอนุภาค โดยภายหลังบดเสร็จนำผงของสารไปอบคลายเครียดหรือแอนนีล (anneal) ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมงเพื่อลดความเครียดที่เกิดขึ้นภายในเนื้อสาร

ผลการวัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่อุณหภูมิห้องพบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกลดลงจาก 300 เป็น 160 เมื่ออนุภาคของสารมีขนาดลดลงจาก 130 เป็น 40 ไมโครเมตร โดยค่าคงที่ไดอิเล็กทริกลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงที่ขนาดของอนุภาคลดลงจาก 120 มาเป็น 90 ไมโครเมตร ที่เป็นเช่นนี้สันนิษฐานว่าเกิดจากอนุภาคที่มีผลึกหลายรูปแบบตกค้างอยู่ภายในเนื้อสาร

Tunkasiri และ Rujijanagul (1994) เตรียมแบเรียมไทเทเนทจากกรดไฮโดรคลอริก 1 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร แล้วนำแบเรียมคลอไรด์ และไทเทเนียมเตตระคลอไรด์ละลายลงไป แล้วนำไปให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส ขณะที่กำลังให้ความร้อนค่อยๆเทกรดอะซิติกลงไป ซึ่งในกระบวนการนี้ ทำให้เกิดการตกตะกอนของ แบเรียมไทเทนิลออกซาเลตเตตระไฮเดรต เมื่อกระบวนการตกตะกอนเสร็จสิ้นนำตะกอนมาเผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส

ศึกษาการเปลี่ยนเฟสโดย Differential Thermal Analysis (DTA) ที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส พบว่าความชื้นที่แทรกอยู่ในเนื้อสารระเหยจากอุณหภูมิห้องจนหมดที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนเฟสเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 700 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสผลึกมีโครงสร้างแบบลูกบาศก์ และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 1,300 องศาเซลเซียสโครงผลึกเปลี่ยนไปเป็นแบบเตตระโกนอลโดยความเป็นเตตระโกนอลแปรผันตรงกับอุณหภูมิเผาอบผนึกในช่วง 1,300 –1,450 องศาเซลเซียส

Viswanath และคณะ(1995) เตรียมแบเรียมไทเทเนทจากการผสมแบเรียมอีทอกไซด์ [Ba(OEt)$_2$] กับไทเทเนียมอีทอกไซด์ [Ti(OEt)$_4$] ในปริมาณที่เท่ากัน แบเรียมอีทอกไซด์เตรียมจากการผสมแบเรียมที่มีความบริสุทธิ์ 99.99% กับเอธานอลบริสุทธิ์ 99.9% ในบรรยากาศของไฮโดรเจน และ ไทเทเนียมอีทอกไซด์เตรียมจากการผสมสารละลายระหว่างเอธานอลกับไทเทเนียมเตตระคลอไรด์ ภายหลังการละลายสมบูรณ์แล้วใส่เบนซีนลงไปเพื่อให้ได้ไทเทเนียมอีทอกไซด์ที่สมบูรณ์ขึ้น นำสารละลายผสมกับน้ำกลั่นซึ่งในกระบวนการนี้ทำให้เกิดการตกตะกอน ของ $Ba(OH)_2$ กับ $Ti(OH)_4$ หลังจากนั้นนำตะกอนไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเพื่อให้เกิดแบเรียมไทเทเนทที่สมบูรณ์

ผลการศึกษาค่าความยาวแกน a และ c ในโครงผลึกเดี่ยวโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้เท่ากับ 0.399 และ 0.403 นาโนเมตรตามลำดับ และขนาดเฉลี่ยของผลึกเมื่อคำนวณด้วยวิธีของเดอบาย

มีขนาดเท่ากับ 14 นาโนเมตร ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่เตรียมโดยการใช้สารตั้งต้นที่เป็นของแข็ง นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนเฟสจาก พาราอิเล็กทริก เป็น เฟอร์โรอิเล็กทริก ขึ้นอยู่กับขนาดของผลึก

Tunkasiri และ Rujijanagul (1996) เตรียมแบเรียมไทเทเนทโดยนำแบเรียมไทเทนิวออกซาเลตเตตระไฮเดรต [$BaTiO(C_2O_4)_2.4H_2O$] มาเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียสเวลา 1 ชั่วโมง ได้ผงแบเรียมไทเทเนทที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปขึ้นรูปให้เม็ดสารมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.0 มิลลิเมตรและหนา 1.2 มิลลิเมตร และนำไปเผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 1,320 1,330 1,350 1,380 และ 1,400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ขนาดของเกรนที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาพบว่าขนาดของเกรนแปรผันตรงกับอุณหภูมิโดยมีขนาดตั้งแต่ 3.5 – 25 ไมโครเมตรและที่อุณหภูมิต่ำเกรนจะมีรูปแบบที่หลากหลายกว่าที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้โครงสร้างที่อุณหภูมิเผาอบผนึก 1,320 องศาเซลเซียสเป็นแบบลูกบาศก์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นผลึกมีโครงสร้างแบบเตตระโกนอล โดยความเป็นเตตระโกนอลปรากฎชัดที่อุณหภูมิ 1,350 องศาเซลเซียส

Zhu และคณะ(1997) นำผงแบเรียมไทเทเนทที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยกระบวนการความร้อนที่ 95 องศาเซลเซียสนำมาขึ้นรูปโดยใช้แรงอัด 170 Mpa โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.06 มิลลิเมตรและความหนาเฉลี่ย 2 มิลลิเมตร นำไปเผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 1,250 และ 1,350 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 และ 15 นาทีโดยให้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเท่ากับ 200 องศาเซลเซียสต่อนาที

ผลการศึกษาเปรียบเทียบกับแบเรียมไทเทเนทที่เตรียมโดยวิธีทั่วไปพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว แบเรียมไทเทเนทที่ได้จากการสังเคราะห์ให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงกว่าที่เตรียมโดยวิธีทั่วไป คือสารที่เผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเท่ากับ 3,700 และค่าคงที่ไดอิเล็กทริกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของเกรน ซึ่งโดยเกรนเฉลี่ยมีขนาด 1ไมโครเมตร และค่าคงที่ไดอิเล็กทริกกับอุณหภูมิคูรีของสารทั้งสองชุดขึ้นอยู่กับขนาดของเกรนด้วย นอกจากนั้นการขยายตัวของเกรนจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิแปรผันตรงกับอุณหภูมิ

Ramesh และ Prasadarao (1997) เตรียมแบเรียมไทเทเนทจากแบเรียมคาร์บอเนต กับไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเจือสารลงไป 2 ชนิดคือ CuO ตามสูตร $Ba(Ti_{1-x} Cu_{2x})O_3$ โดยให้ค่า x เท่ากับ 0.025,0.05 และ 0.01 กับ SnO_2 ตามสูตร $Ba(Ti_{1-x}Sn_x)O_3$ โดยให้ค่า x เท่ากับ 0.025,0.05,0.075 และ 0.1 สารที่ได้นำไปเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดใหม่แล้วขึ้นรูปก่อนนำไปเผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง สารที่ได้นำไปศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าคงที่ไดอิเล็กทริกด้วยเครื่องวัดค่า ความเหนี่ยวนำไฟฟ้า ความจุไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า (LCR) ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต โดยแปรค่าอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องถึง 150 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่าสารตัวอย่างที่เจือด้วย Cu ใน

ปริมาณ x = 0.1 ให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเพิ่มจาก 6,135 ถึง 16,349 และที่เจือด้วย Sn ที่ x = 0.025 ให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงสุดเท่ากับ 17,035 ผลการศึกษาโครงสร้างด้วยเครื่องแทรกสอดของลำอิเล็กตรอนพบว่าสารทั้งสองชุดมีโครงสร้างแบบเตตระโกนอล

Takeuchi และคณะ(1997) เตรียมแบเรียมไทเทเนทโดยการละลายแบเรียมบริสุทธิ์ 99.9% ในไอโซโปรพิลแอลกอฮอล์ ที่ผสมอยู่กับเบนซีน และ ไทเทเนียมเตตระไอโซโปรออกไซด์ $[Ti\{OCH(CH_3)_2\}_4]$ ในกระบวนการนี้เกิดตะกอนของแบเรียมไทเทเนท แล้วแยกตะกอนออก นำไปเผาที่อุณหภูมิ 650, 800, 1,000 และ 1,200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำสารบางส่วนไปขึ้นรูปด้วยแรงดัน 30 MPa แล้วเผาที่อุณหภูมิเดียวกับสารส่วนที่ไม่ได้ขึ้นรูป เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปทำขั้วไฟฟ้าด้วยกาวเงินแล้วเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที วัดค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตโดยแปรค่าอุณหภูมิในช่วง 25 – 250 องศาเซลเซียส

ผลการศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิห้องแบเรียมไทเทเนทมีโครงสร้างแบบลูกบาศก์เทียม ส่วนที่อุณหภูมิ 1,000 และ 1,200 องศาเซลเซียสโครงสร้างเปลี่ยนเป็นเตตระโกนอล โดยการเปลี่ยนโครงสร้างดังกล่าวถูกขัดขวางด้วยอิออนซึ่งตกค้างในเนื้อสาร 2 ชนิดคือ CO_3^{2-} และ OH^- และค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ของสารที่เตรียมด้วยวิธีทางเคมีที่เผาอบผนึกที่ 1,200 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 3,700 ซึ่งสูงกว่าของแบเรียมไทเทเนทที่เตรียมโดยวิธีทั่วไป ที่มีค่าสภาพยอมสัมพัทธ์เท่ากับ 360

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการเตรียมแบเรียมไทเทเนทจากแบเรียมคาร์บอเนตและไทเทเนียมออกไซด์
2. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิเผาอบผนึกที่มีต่อโครงสร้างระดับจุลภาค สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางไฟฟ้าของสาร
3. เพื่อศึกษาผลของความถี่ต่อสมบัติทางไดอิเล็กทริกของสาร