

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

แก้วตัวอย่างเตรียมจากสูตร $(65-x)\text{SiO}_2 : 25\text{Na}_2\text{O} : 10\text{CaO} : x\text{Cr}_2\text{O}_3$ โดยเจือปริมาณโครเมียมที่ 0.00, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 และ 0.05 mol% ด้วยวิธีการลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว และหลอมในเตาหลอมไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 1200, 1300, 1400 และ 1500°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ต่อมานำแก้วที่หลอมได้ เทลงสแตนเลสโมลด์อย่างรวดเร็ว และอบที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง นำแก้วตัวอย่างมาตัดที่ขนาดประมาณ $1.0 \times 1.5 \times 0.3 \text{ cm}^3$ และขัดให้เรียบ

5.1 ค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลาร์

ค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่อุณหภูมิหลอมต่างๆมีค่าอยู่ในช่วง $2.5360\text{-}2.5672 \text{ g/cm}^3$ โดยค่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของโครเมียมออกไซด์ และอุณหภูมิการหลอมสูงขึ้น เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลของโครเมียมออกไซด์ที่แทนที่ซิลิกอนออกไซด์มีค่ามากกว่า โดยโครเมียมออกไซด์ 1 โมเลกุล มีน้ำหนัก 151.9904 g/mol และซิลิกอนออกไซด์ 1 โมเลกุล มีน้ำหนัก 60.0843 g/mol และเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิในเงื่อนไขแล้วพบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างเพิ่มสูงขึ้นด้วย อาจเนื่องมาจากการหดตัวของพันธะ ทำให้ช่องว่างระหว่างโมเลกุลมีค่าลดลง ค่าปริมาตรเชิงโมลาร์ของแก้วตัวอย่างที่อุณหภูมิหลอมต่างๆมีค่าอยู่ในช่วง $23.4510\text{-}23.7212 \text{ cm}^3/\text{mol}$ โดยค่าปริมาตรเชิงโมลาร์มีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของโครเมียมออกไซด์และอุณหภูมิการหลอมสูงขึ้น ซึ่งตรงข้ามกับความหนาแน่น โดยปริมาตรเชิงโมลาร์ขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นและน้ำหนักโมเลกุลของแก้วตัวอย่าง อย่างไรก็ตามผลของปริมาตรเชิงโมลาร์ที่ลดลงเมื่อความเข้มข้นของโครเมียมออกไซด์เพิ่มขึ้น เนื่องจากการแทนที่ของโครเมียมซึ่งมีแกนพันธะที่สั้นกว่าซิลิกอนไดออกไซด์ ส่งผลให้โครงสร้างของแก้วตัวอย่างเกิดการยุบตัวลง และมีการแพ็คตัวกันแน่นขึ้น

5.2 ค่าดัชนีหักเห

ค่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างที่อุณหภูมิหลอมต่างๆมีค่าอยู่ในช่วง $1.5247\text{-}1.5285$ โดยค่าดัชนีหักเหมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโครเมียมออกไซด์และอุณหภูมิการหลอมสูงขึ้น เนื่องจากดัชนีหักเหขึ้นอยู่กับความหนาแน่น โดยความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้แสงเดินทางได้ช้าลง ซึ่งอาจถูกเปลี่ยนทิศทางหรือเกิดการหักเหขึ้น เมื่ออัตราเร็วของแสงในตัวกลางน้อยลง จะทำให้ดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างเพิ่มขึ้น และเมื่อนำค่าดัชนีหักเหคำนวณหาค่าหักเหเชิงโมลแล้ว พบว่าค่าหักเหเชิงโมลของแก้วตัวอย่างที่อุณหภูมิหลอมต่างๆมีค่าอยู่ในช่วง $7.2273\text{-}7.2666 \text{ cm}^3$ โดยความสัมพันธ์ระหว่าง

ความเข้มข้นของโครเมียมออกไซด์มีแนวโน้มลดลง เมื่อความเข้มข้นของ Cr_2O_3 เพิ่มขึ้น สำหรับผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอม มีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่มีแนวโน้ม นอกจากนี้พบว่าค่าโพลาริซิบิลิตีของแก้วตัวอย่างที่อุณหภูมิหลอมต่างๆมีค่าอยู่ในช่วง $2.8661-28818 \text{ cm}^3/\text{atom}$ ซึ่งมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของโครเมียมออกไซด์และอุณหภูมิการหลอมเพิ่มสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับค่าโพลาริซิบิลิตีด้วย โดยค่าโพลาริซิบิลิตีมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของโครเมียมออกไซด์เพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นกับมวลโมเลกุลของแก้วมีค่าลดลง ค่าโพลาริซิบิลิตีมีค่าลดลงแสดงให้เห็นว่าระยะห่างระหว่างอะตอมมีค่าลดลงด้วย ซึ่งสามารถสนับสนุนผลการทดลองได้ว่าแก้วตัวอย่างมีช่องว่างระหว่างอะตอมน้อยลง ทำให้แก้วมีการแพ็คตัวแน่นมากขึ้น

5.3 ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงยูวี-วิสิเบิล

การวัดการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-900 nm ณ อุณหภูมิห้อง พบว่ามีแถบการดูดกลืนในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 330, 360 และ 380 nm ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงไอออนของโครเมียมประจุ 6+ แบบทรงแปดหน้าแบบสมมาตร ในระดับชั้นพลังงาน ${}^4\text{A}_2 \rightarrow {}^4\text{T}_1(\text{P})$ โดยทั้งสามแถบการดูดกลืนนี้เป็นช่วงการดูดกลืนแสงสีม่วง สีที่ให้เห็นได้ คือ สีเหลือง แต่จากการวัดการดูดกลืนแสงดังรูปที่ 4.6 พบว่าเมื่อสังเกตในช่วงความยาวคลื่น 550-800 nm พบการดูดกลืนแสงประมาณ 630, 655 และ 680 nm ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงไอออนของโครเมียมประจุ 3+ แบบทรงสี่หน้า ในระดับชั้นพลังงาน ${}^4\text{A}_2 \rightarrow {}^4\text{T}_2$ โดยทั้งสามแถบการดูดกลืนนี้เป็นช่วงการดูดกลืนแสงสีแดง สีที่ให้เห็นได้ คือ สีเขียว ในช่วงความยาวคลื่นนี้พบว่าเมื่อความเข้มข้นของโครเมียมออกไซด์เพิ่มขึ้น ค่าความเข้มของการดูดกลืนแสงมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่เมื่อเปรียบเทียบกับแถบการดูดกลืนของโครเมียมประจุ 6+ พบว่าในช่วงความยาวคลื่นของโครเมียมประจุ 3+ มีค่าต่ำกว่ามาก

5.4 ค่าดัชนีสี

การวัดค่าดัชนีสีจากเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ พบว่าก่อนเจือด้วยโครเมียม แก้วตัวอย่างจะใสไม่มีสี จนกระทั่งเจือความเข้มข้นของโครเมียมเพิ่มขึ้น สีของแก้วตัวอย่างมีแนวโน้มไปทางสีเหลืองอมเขียว ซึ่งเกิดจากโครเมียมประจุ 6+ ที่แถบการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นประมาณ 330, 360 และ 380 nm เมื่อสังเกตค่าความส่องสว่าง พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อเจือโครเมียมออกไซด์เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของโครเมียมออกไซด์ในแก้วตัวอย่างส่งผลต่อค่าดัชนีสีเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิในการหลอมพบว่าค่าดัชนีมีแนวโน้มไปทางสีเหลืองอมเขียวเช่นกัน

5.5 ค่าการดูดกลืนรังสีในช่วงอินฟราเรด

การวัดการส่งผ่านอินฟราเรดด้วยเครื่องเอทีอาร์เอฟทีไออาร์ที่วิเคราะห์เชิงคุณภาพ และบันทึกค่าตั้งแต่ความถี่ $650\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าซิลิกอนไดออกไซด์มีโหมดการสั่นหลักๆของกลุ่ม Si-O-Si 2 กลุ่ม ที่ช่วงเลขคลื่น $759\text{-}1030\text{ cm}^{-1}$ โดยพีคแรกเกิดการดูดกลืนรังสีที่เลขคลื่นประมาณ 1030 cm^{-1} ซึ่งสัมพันธ์กับการยืด-หดของพันธะ Si-O-Si แบบไม่สมมาตร ที่พันธะที่เชื่อมกับออกซิเจนเปลี่ยนทิศทางเป็นตรงกันข้ามกับซิลิกอนของอะตอมข้างเคียง และขนานกับเส้น Si-Si พีคที่สองเกิดการดูดกลืนที่เลขคลื่นประมาณ 1030 cm^{-1} ซึ่งสัมพันธ์กับการหักเหของพันธะ Si-O-Si ซึ่งออกซิเจนย้ายไปที่มุมด้านขวาของเส้น Si-Si และระนาบ Si-O-Si อีกนัยหนึ่งยังพบว่าตัวทำลายพันธะซึ่งได้แก่ Na_2O และ CaO ได้ไปทำลายแขนของพันธะ Si-O-Si ออกจากกัน ทำให้เกิด 1 non-bridging oxygen ซึ่งสัมพันธ์กับกลุ่มของพันธะ Si-O-NBO ที่เลขคลื่นประมาณ 940 cm^{-1} นอกจากนี้ยังพบว่ามีการสั่นของกลุ่มคาร์บอเนตที่ความถี่ 1450 cm^{-1} โดยคาร์บอเนตนี้อาจมาจากสารตั้งต้น คือ Na_2CO_3 ทั้งนี้การเพิ่มความเข้มข้นและอุณหภูมิการหลอมไม่ส่งผลต่อตำแหน่งและไม่เกิดพีคการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของโครเมียมออกไซด์