

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง



งานวิจัยนี้ได้เตรียมผงอนุภาคนาโน $\text{Sn}_{1-x}\text{TM}_x\text{O}_{2-\delta}$ เมื่อ TM คือ Cr และ Co ($x \leq 0.015$) เมื่อ TM คือ Fe มี $x \leq 0.30$ โดยเทคนิคออดิโคบัสชัน พบว่าอนุภาคนาโน $\text{Sn}_{1-x}\text{TM}_x\text{O}_{2-\delta}$ ทุกตัวอย่างที่เตรียมได้มีโครงสร้างผลึกแบบรูไทล์ของทินออกไซด์ ไม่มีโครงสร้างของโลหะทรานซิชันออกไซด์อื่นเจือปน จากวิเคราะห์ขนาดผลึกจากสเปกตรากลเลียวเบนรังสีเอกซ์โดยใช้สมการ Scherrer และเทคนิค Williamson–Hall Plot พบว่ามีขนาดผลึกเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5 - 20 nm อนุภาคนาโนที่เตรียมได้มีลักษณะคล้ายทรงกลม การเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น นอกจากนั้นการเจือโลหะ TM ในปริมาณมากขึ้น ขนาดอนุภาคของ $\text{Sn}_{1-x}\text{TM}_x\text{O}_{2-\delta}$ จะลดลง พบว่าอนุภาคนาโน $\text{Sn}_{1-x}\text{TM}_x\text{O}_{2-\delta}$ ทุกตัวอย่างแสดงสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดแถบช่องว่างแบบตรง มีพลังงานแถบช่องว่างอยู่ระหว่าง 3.2 eV ถึง 3.8 eV จากข้อมูลการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ และสเปกตรากลเลียวเบนรังสีเอกซ์ Kubelka-Munk ยืนยันได้ว่าโลหะทรานซิชัน TM ทุกอะตอมเข้าไปแทนที่โลหะ Sn ในโครงสร้างผลึกแบบรูไทล์ของทินออกไซด์ โดยโลหะ Cr โลหะ Co และโลหะ Fe มีเลขออกซิเดชัน +4, +2 และ +3 ตามลำดับ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเมกเนไทเซชันและสนามแม่เหล็ก ณ อุณหภูมิห้อง พบว่าอนุภาคนาโน $\text{Sn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{O}_{2-\delta}$ แสดงสมบัติเฟอร์โรเมกเนติกแบบอ่อน และอนุภาคนาโน $\text{Sn}_{0.995}\text{Cr}_{0.005}\text{O}_{2-\delta}$ เผาแคลไซน์ที่ 600 °C มีความเป็นเฟอร์โรเมกเนติกดี มีค่าเมกเนไทเซชันอิ่มตัวเท่ากับ 0.039 μ_B/Cr ขณะที่อนุภาคนาโน $\text{Sn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$ แสดงสมบัติเฟอร์โรเมกเนติกที่อุณหภูมิห้องได้ดีเมื่อเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700 °C อนุภาคนาโนทินออกไซด์เจือด้วยโลหะ Fe เมื่อปริมาณโลหะ Fe มากกว่า 0.015 atomic% ส่วนมากแสดงสมบัติซูเปอร์พาราเมกเนติก เฉพาะ $\text{Sn}_{0.90}\text{Fe}_{0.10}\text{O}_{2-\delta}$ เท่านั้นที่แสดงสมบัติเฟอร์โรเมกเนติกที่อุณหภูมิห้อง โดยอนุภาคนาโน $\text{Sn}_{0.995}\text{Fe}_{0.005}\text{O}_{2-\delta}$ เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 500 °C แสดงสมบัติเหล็กดีที่สุด มีค่าเมกเนไทเซชันอิ่มตัวเท่ากับ 0.256 μ_B/Fe