

## บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ได้สังเคราะห์ผลึก ZnO คล้ายดอกไม้, ZnO เติมนานาโนที่เจือด้วย Ce, Nd(OH)<sub>3</sub> และ Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> แท่งต้นนาโน, ZnMoO<sub>4</sub> และ La<sub>2</sub>(MoO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ลักษณะรูปร่างต่าง ๆ, CdMoO<sub>4</sub>, PbMoO<sub>4</sub> และ PbWO<sub>4</sub> อนุภาคนาโน, MgWO<sub>4</sub> และ ZnWO<sub>4</sub> อนุภาคนาโนที่เชื่อมต่อกันตามแนวแกนเส้นใย, วัสดุผสมนาโน Zn<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub>-SnO<sub>2</sub>, CdS โครงสร้างนาโนคล้ายต้นไม้ที่มีลำดับชั้น, ผลึกนาโนบริสุทธิ์ CdTe, Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> โครงสร้างนาโน และ Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> แท่งต้นนาโนที่รวมกลุ่มกันคล้ายดอกไม้, อนุภาคนาโน CuFeS<sub>2</sub> และ AgBiS<sub>2</sub> และที่รวมกลุ่มกันคล้ายดอกไม้, โครงสร้างนาโน Cu<sub>3</sub>BiS<sub>3</sub> ที่มีกิ่งก้าน, และ Cu<sub>3</sub>SnS<sub>4</sub> อนุภาคนาโนและโครงสร้างนาโนคล้ายดอกไม้ โดยกระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์ได้สำเร็จ ได้ศึกษาเฟสของผลึก ลักษณะรูปร่าง น้ำหนักที่ลดลง ทิศทางการเติบโตของผลึก การสั่นของอะตอม สถานะออกซิเดชัน สมบัติโฟตอนและการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตามความร้อน (TGA), เอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD), การวิเคราะห์รามาน (Raman), ฟูเรียทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (FTIR), จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และการกระจายพลังงานรังสีเอกซ์ (EDX), จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM), จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านที่มีการจำแนกสูง (HRTEM) และการเลือกพื้นที่การดิฟแฟรกชันของอิเล็กตรอน (SAED), จุลทรรศน์ที่สัมผัสด้วยแรงระดับอะตอม (AFM), การสร้างภาพด้วยโฟกัสไอออนบีม (FIB), เอ็กซ์เรย์โฟโตอิเล็กตรอนสเปกโทรสโกปี (XPS), สเปกโทรสโกปีของยูวีที่มองเห็นได้ และ สเปกโทรเมตริการเปล่งแสง (PL) โดยพบว่ามีคุณสมบัติคล่องกับที่ได้จากการจำลอง นอกจากนี้ยังได้เสนอกลไกการเกิดวัสดุลักษณะรูปร่างต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ตามผลทดลองที่เกิดขึ้นด้วย

**คำหลัก:** วัสดุนาโน; กระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีและฟิสิกส์; เอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน; จุลทรรศน์อิเล็กตรอน; สเปกโทรสโกปี; การเปล่งแสง; การเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง

## Abstract

In this research, flower-like ZnO crystals, Ce-doped ZnO nanoneedles, Nd(OH)<sub>3</sub> and Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanorods, ZnMoO<sub>4</sub> and La<sub>2</sub>(MoO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> with different morphologies, CdMoO<sub>4</sub>, PbMoO<sub>4</sub> and PbWO<sub>4</sub> nanoparticles, MgWO<sub>4</sub> and ZnWO<sub>4</sub> nanoparticles interconnecting along fibrous axes, Zn<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub>-SnO<sub>2</sub> nanocomposites, hierarchical tree-like CdS nanostructure, purified CdTe nanocrystals, Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> nanostructures and Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> nanorods in flower-shaped bundles, CuFeS<sub>2</sub> and AgBiS<sub>2</sub> nanoparticles and flower-like clusters, nanostructure Cu<sub>3</sub>BiS<sub>3</sub> dendrites, and Cu<sub>3</sub>SnS<sub>4</sub> nanoparticles and nanostructured flowers were successfully synthesized by chemical and physical processes. Their crystalline phases, morphologies, weight losses, crystal growth directions, atomic vibration, oxidation states, photonic properties and photocatalysis were characterized by thermogravimetric analysis (TGA), X-ray diffraction (XRD), Raman spectroscopy, Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy, field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) and energy dispersive X-ray (EDX) spectroscopy, transmission electron microscopy (TEM), high resolution transmission electron microscopy (HRTEM) and selected area electron diffraction (SAED), atomic force microscopy (AFM), focused ion beam (FIB) imaging, X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), UV-visible spectroscopy and photoluminescence (PL) spectrometry, and were found to be in accordance with those of the simulation. Additionally, possible formation mechanisms were proposed according to the experimental results.

**Keywords:** Nanomaterials; Chemical and physical synthesis processes; X-ray diffraction; Electron microscopy; Spectroscopy; Photoluminescence; Photocatalysis