บทคัดย่อ

ชื่อโครงการวิจัย การสังเคราะห์อนุภาคนาโนสังกะสีออกไซด์ด้วยเทคนิคการแผ่คลื่นอัลตราซาวด์และการศึกษาสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย
ชื่อผู้วิจัย ดร.ฉัตร ผลนาค
ดร.มณฑล เลิศวรปรีชา
ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย กองทุนวิจัยมหาลัยทักษิณ ประเภททุนพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ งบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

งานวิจัยนี้ ศึกษาการเตรียมอนุภาคนาโนซิงก์ออกไซด์ (ZnO) จากสารตั้งต้นซิงก์ไนเตรต ($Zn(NO_3)_2$) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยวิธีโซโนเคมิคัล และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อเฟสโครงสร้างของผลึก สัณฐานวิทยา และสมบัติทางแสง โครงสร้างผลึกและสัณฐานของอนุภาคขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นเป็นอย่างมาก อนุภาคนาโน ZnO รูปทรงกลมรีบริสุทธิ์เตรียมได้จากสารละลายผสมระหว่าง $Zn(NO_3)_2$ ความเข้มข้น 0.1 M และ NaOH ความเข้มข้น 0.2 M โดยการแผ่คลื่นอัลตราซาวด์แก่สารตั้งต้นนาน 30 นาที ภายใต้สภาวะบรรยากาศแวดล้อม อนุภาคนาโน ZnO รูปทรงกลมรีมีโครงสร้างผลึกแบบเวิร์ทไซท์เฮกซะโกนอล และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60-230 nm อนุภาคนาโน ZnO รูปทรงกลมรีแสดงขอบการดูดกลืนแสงที่ 380 nm ผลการทดสอบการเรืองแสงที่อุณหภูมิห้องแสดงสเปกตรัมการปลดปล่อยรังสียูวีที่ 390 nm และแสงขาวที่ 650 nm การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้นนำไปสู่การเกิดเฟสผสมของสารประกอบของซิงก์ แท่งนาโนของสารประกอบเฟสผสม $Zn_5(OH)_8(NO_3)_2(H_2O)_2$ กับ ZnO เกิดขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ $Zn(NO_3)_2$ และ NaOH เพิ่มเป็น 0.5 M และ 1 M ตามลำดับ แต่เมื่อลดปริมาณความเข้มข้นของสารตั้งต้นลงเป็น 0.01 M และ 0.05 M เกิดอนุภาครูปนาโนทรงกลมรีของสารประกอบเฟสผสม $ZnO/Na_2(O_{0.75}N_{0.25})$ นอกจากนี้ความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดรูปร่างอนุภาคที่แตกต่างกัน เช่นรูปร่างคล้ายกระสวย รูปร่างคล้ายดาว และรูปร่างคล้ายดอกไม้ รูปแปดหน้าและหลากหลายหน้า งานวิจัยนี้ยังศึกษาการยับยั้งแบคทีเรียด้วยวิธี MIC และ disc diffusion พบว่าค่า MIC ต่อการยับยั้งแบคทีเรีย *Escheriachia coli* (ATCC 25922), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Pseudomonas aeruginasa* (ATCC 27853), *Salmonella* Typhimurium (isolated strain) และ *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 700603) มีค่าเท่ากับ 125, 64, 1024, 1024 และ 512 µg/ml ตามลำดับ และเมื่อทดสอบด้วยวิธี disc diffusion แสดงเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณการยับยั้งเท่ากับ 25 และ 20 mm สำหรับเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escheriachia coli* ตามลำดับ ในขณะที่นาโน ZnO ในระดับความเข้มข้นดังกล่าว ไม่ให้ผล inhibition zone ต่อเชื้อ *Salmonella* Typhimurium, *Pseudomonas Aeruginasa และ Klebsiella pneumon*

Abstract

Research Title : Synthesis of zinc oxide nanoparticles via ultrasound irradiation technique and their antibacterial activity

Researcher : Dr.Chat Pholnak

Dr.Monthon Lertworapreecha

This research was supported by Thaksin University Research Fund : The young researcher development of revenue year 2014 grant.

This research was studied the preparation of zinc oxide (ZnO) nanoparticles from ($Zn(NO_3)_2$) and sodium hydroxide (NaOH) precursors by an ultrarapidly sonochemical method and the parameters influencing on crystal structure, morphology, and optical properties were also investigated. The crystal structure and morphology of ZnO nanoparticles were strongly dependent on precursor concentrations. The pure ZnO nanospheroid formed when using 0.1 M $Zn(NO_3)_2$ and 0.2 M NaOH and applying an ultrasonic irradiation for 30 min under the ambient atmosphere. The nanospheroidal ZnO exhibited a hexagonal wurtzite structure and had a diameter of about 60-230 nm. The nanospheroidal ZnO showed an absorption edge at a wavelength of 380 nm. The room temperature photoluminescence spectra showed a sharp UV emission peak at 390 nm and visible emission peak centered at about 650 nm. The change in precursor concentrations resulted in a formation of mixed phase of zinc compounds. The mixed phases of $Zn_5(OH)_8(NO_3)_2(H_2O)_2$ and ZnO nanorods formed when the $Zn(NO_3)_2$ and NaOH concentrations were increased to 0.5 and 1 M, respectively whereas nanospheroidal ZnO and $Na_2(O_{0.75}Na_{0.25})$ formed when the $Zn(NO_3)_2$ and NaOH concentrations were decreased to 0.01 and 0.05 M, respectively. Furthermore, the alkalinity of the precursor solutions was another important parameter influencing the different particle shape such as spindle-like, star-like, flower-like, octahedral and polyhedral ZnO. This research was also investigated the antibacterial activities by MIC and disc diffusion method. It was found that the MIC values towards *Escheriachia coli* (ATCC 25922), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Pseudomonas aeruginasa* (ATCC 27853), *Salmonella* Typhimurium (isolated strain) and *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 700603) inhibition were 125, 64, 1024, 1024 and 512 µg/ml, respectively. Based on the disc diffusion method, the inhibition zone for *Staphylococcus aureus* and *Escheriachia coli* was 25 and 20 mm, respectively, but *Pseudomonas aeruginasa*, *Salmonella* Typhimurium and *Klebsiella pneumonia* did not show the inhibition zone.

ประกาศคุณูปการ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณา ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. สุเมธา สุวรรณบูรณ์ ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่กรุณาตรวจสอบคุณภาพของงานวิจัยและได้กรุณาชี้แนะในการปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ จนทำให้งานวิจัยมีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาลัยทักษิณ ประเภททุนนักวิจัยรุ่นใหม่ งบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

ขอขอบคุณสาขาวิชาฟิสิกส์ สาขาวิชาเคมี และสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ที่ให้การสนับสนุน อำนวยความสะดวก ให้ความเอื้อเฟื้อและความอนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวัสดุ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่อง UV absorption spectrometer และ Photoluminescence spectrophotometer วิเคราะห์ตัวอย่าง และขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สำหรับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิค XRD และ SEM

ขอขอบคุณ คุณนูรียา บินต่วน และคุณนิษา ไพจิตร และนักวิชาชีพสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี เตรียมการทดลองและทดสอบการดูดกลืนรังสียูวี นอกจากนี้ยังมีบุคลากรและผู้ที่ให้ความช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้ทั้งหมด จึงขอขอบคุณทุกท่านเหล่านั้นไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณครอบครัวที่ให้กำลังใจในการทำวิจัยเสมอมาและเสียสละเพื่อให้ผู้วิจัยได้ทำงานวิจัยอย่างเต็มที่ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

องค์ความรู้ คุณค่าทั้งหลายที่ได้รับจากโครงการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บิดา มารดา และบูรพาจารย์ที่ได้อบรมสั่งสอน ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

ดร. ฉัตร ผลนาค
หัวหน้าโครงการวิจัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
ประกาศคุณูปการ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... จ
สารบัญรูป ..... ฉ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ทฤษฎี 6
2.2 สมมุติฐานและกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย 18
2.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง 19
3 วิธีดำเนินการวิจัย 22
3.1 วิธีการสังเคราะห์อนุภาคนาโนสังกะสีออกไซด์ 22
3.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะและสมบัติของ ZnO 23
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 28
4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของอนุภาคสังกะสีออกไซด์ 28
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอนุภาคนาโนสังกะสีออกไซด์ต่อการยับ-ยั้งเชื้อแบคทีเรีย 48
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 51
5.1 การสังเคราะห์และวิเคราะห์สังกะสีออกไซด์ 51
5.2 การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 52
5.3 ข้อเสนอแนะ 52
บรรณานุกรม 53
ภาคผนวก 59

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	เฟสโครงสร้างผลึก (crystalline phase) และสัณฐานวิทยาของสังกะสีออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ภายใต้การปรับเปลี่ยนเงื่อนไข	29
4.2	ผลการทดสอบหาค่า MIC	48
4.3	ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียโดยวิธี disc diffusion	49
ก-1	สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางแสงของอนุภาค ZnO ที่สังเคราะห์ได้ภายใต้การปรับเปลี่ยนเงื่อนไข	60

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	สเปกตรัมการเรืองแสงที่สูงกว่าของอนุภาคนาโนสังกะสีออกไซด์เทียบกับอนุภาคระดับไมครอน	3
1.2	ไดอะแกรมภาพรวมขั้นตอนการดำเนินการวิจัยตลอดโครงการ	5
2.1	โครงสร้างแถบพลังงานของสังกะสีออกไซด์	7
2.2	ไดอะแกรมกระบวนการอะดูสติกคาวิเทชั่นในสารละลาย	8
2.3	เจ็ทสตรีมที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของฟองก๊าซในของเหลว	9
2.4	รูปร่างของแบคทีเรียแบบต่างๆ	11
2.5	โครงสร้างของแบคทีเรีย	11
2.6	ความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรีย	14
3.1	การจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการสังเคราะห์อนุภาคนาโนสังกะสีออกไซด์และแผนภาพขั้นตอนการทดลองสังเคราะห์ ZnO	23
3.2	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	24
3.3	เครื่อง X-ray diffractometer (Philips X' Pert MPD)	24
3.4	เครื่องมือวิเคราะห์สมบัติทางแสง (a) UV-vis spectrometer (Shimadzu, UV-2450) และ (b) luminescence spectrometer (LS/55, PerkinElmer)	25
3.5	การศึกษาปริมาณสารละลายความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ป้องกันไม่ให้เกิดการเจริญของเชื้อแบคทีเรียในหลอดทดลองโดยวิธี MIC	26
4.1	รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของตัวอย่าง (a) A1 (b) A2 (c) A3 และ (d) A4 ...	30
4.2	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของตัวอย่าง (a) A1 (b) A2 (c) A3 และ (d) A4	31
4.3	สเปกตรัมการดูดกลืนรังสียูวีของตัวอย่าง (a) A1 (b) A2 (c) A3 และ (d) A4	32
4.4	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงกับพลังงานของโฟตอนของตัวอย่าง (a) A1 (b) A2 (c) A3 และ (d) A4	34
4.5	สเปกตรัมการเรืองแสงของตัวอย่าง (a) A1 (b) A2 (c) A3 และ (d) A4	35
4.6	สเปกตรัมรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของตัวอย่าง (a) B1 (b) B2 (c) B3 และ (d) B4	36
4.7	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของตัวอย่าง (a) B1 (b) B2 (c) B3 และ (d) B4	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.8	สเปกตรัมการดูดกลืนรังสียูวีของตัวอย่าง (a) B1 (b) B2 (c) B3 และ (d) B4 ….	38
4.9	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงกับพลังงานของโฟตอนของตัวอย่าง (a) B1 (b) B2 (c) B3 และ (d) B4 ……..	40
4.10	สเปกตรัมการเรืองแสงของตัวอย่าง (a) B1 (b) B2 (c) B3 และ (d) B4 ……	41
4.11	สเปกตรัมรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของตัวอย่าง (a) C1 (b) C2 (c) C3 และ (d) C4 ……..	42
4.12	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของตัวอย่าง (a) C1 (b) C2 (c) C3 และ (d) C4 ……	43
4.13	สเปกตรัมการดูดกลืนรังสียูวีของตัวอย่าง (a) C1 (b) C2 (c) C3 และ (d) C4	44
4.14	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงกับพลังงานของโฟตอนของตัวอย่าง (a) C1 (b) C2 (c) C3 และ (d) C4 ……..	46
4.15	สเปกตรัมการเรืองแสงของตัวอย่าง (a) C1 (b) C2 (c) C3 และ (d) C4 ……...	47
4.16	ผลการทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียโดยวิธี disc diffusion ……	49
ข-1	การจัดเตรียมเครื่อง pH meter เพื่อทำการสอบเทียบกับค่าบัฟเฟอร์มาตรฐาน …	61