บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

มนุษย์ได้พยายามสรรค์สร้างเทคโนโลยีใหม่ๆ ขึ้นมาเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีและอำนวยความสะดวกสบาย ดังนั้นเทคโนโลยีระดับนาโนจึงได้ถือกำเนิดขึ้นมาและได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจากนาโนเทคโนโลยี เป็นเทคโนโลยีเกี่ยวกับการสร้างวัสดุเล็ก ๆ ที่มีขนาดในช่วง 0.1–100 นาโนเมตร วัสดุที่อยู่ในระดับนาโนนี้จะให้สมบัติพื้นฐานและกลไกต่างๆ แตกต่างไปจากที่เราพบเห็นในระดับที่ใหญ่ขึ้นมา เช่น ท่อนาโนคาร์บอน (carbon nanotube) จะมีค่าความแข็งแกร่งต่อการดึงสูงสุด (tensile strength) เท่ากับ 200 จิกะพาสคัล ซึ่งมากกว่าเหล็กประมาณ 100 เท่า ในขณะที่น้ำหนักเบากว่า 6 เท่า หลังจากการค้นพบท่อนาโนคาร์บอนนักวิจัยสามารถที่จะสังเคราะห์วัสดุพวกท่อนาโน (nanotubes) และเส้นใยนาโน (nanofibers) ของสารประกอบอื่นได้อีกมากมาย หนึ่งในนั้นก็คือ นาโนออกไซด์ของสารกึ่งตัวนำ

ตั้งแต่มีการค้นพบสารกึ่งตัวนำชนิดออกไซด์ที่มีขนาดนาโน (nanobelts, nanowires และ nanorods) ในปี 2001 งานวิจัยทางด้านคุณสมบัติของออกไซด์นาโนก็ได้ขยายอย่างรวดเร็ว หนึ่งในออกไซด์นาโนที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากก็คือซิงก์ออกไซด์ ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า ซิงก์ออกไซด์เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีระดับพลังงาน (energy band gap) เท่ากับ 3.37 อิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งถือว่าค่อนข้างกว้าง เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปล่อยออกมาจะความยาวคลื่นที่สั้น ทำให้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลายๆ ด้าน เช่น nano-laser arrays, gas sensor, solar cell และ field emission devices เป็นต้น ซึ่งในการประยุกต์ขั้นสูงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องใช้ซิงก์ออกไซด์ที่มีรูปร่างและการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ [1,2,3]

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์เส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์โดยวิธีการให้กระแสไฟฟ้าโดยตรงซึ่งทางหน่วยวิจัยนาโนวัสดุพัฒนาขึ้นมาเองและการให้ความร้อนโดยการใช้เตาเผา จากนั้นทำการเปรียบเทียบและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีความสม่ำเสมอ เป็นระเบียบ และมีการจัดเรียงตัวที่ตั้งฉากกับแผ่นรองรับ จากทั้งสองวิธี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีรายงานการวิจัยที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์และศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์ด้วยเทคนิคต่างๆ มากมาย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการสังเคราะห์และศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยนาโนซิงก์ออกไซด์ ดังต่อไปนี้

Lee และคณะ (2002) [4] สังเคราะห์เส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์บนแผ่นรองรับที่เป็นซิลิกอนด้วยกระบวนการ metal vapor deposition ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสโดยใช้ โคบอลท์เป็นตัวเร่ง เส้นใยนาโนที่ได้มีความเป็นระเบียบค่อนข้างมาก ทดสอบการปล่อยอิเล็กตรอนของซิงก์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้พบว่ามีความหนาแน่นกระแสค่อนข้างสูง (1 มิลลิแอมต่อตารางเซนติเมตร) โดยสนามไฟฟ้าที่ใช้มีค่าน้อยกว่า 11 โวลต์ต่อเมตร

Wang และคณะ (2002) [5] สังเคราะห์เส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์โดยการให้ความร้อนกับผงสังกะสี ซึ่งมีอนุภาคนาโนของทองปนอยู่ที่ 900 องศาเซลเซียส กระบวนการเกิดเส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์คือ VLS จากนั้นนำไปทดสอบการเปล่งแสงพบว่ามีการปล่อยความยาวคลื่นแสงออกมาอยู่ในช่วงสีเขียว (ความยาวคลื่นประมาณ 510 nm) Vanheusden พิสูจน์ว่าแสงสีเขียวที่เกิดขึ้นมาจากการมีอะตอมของ ออกซิเจนขาดหายไป [6]

Fan และคณะ (2004) [7] สังเคราะห์เส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์ แผ่นรองรับที่เป็นแซ็ปไฟร์ เคลือบอนุภาคนาโนของทอง การสังเคราะห์ใช้กระบวนการ ตกสะสมของไอ (vapor deposition) การทดลองทั้งหมดกระทำที่บรรยากาศของอาร์กอน ความดันของระบบเท่ากับ 10^{-2} พาสคัล พบว่าเงื่อนไขที่ควบคุมการกระจายของความหนาแน่นและตำแหน่งของเส้นนาโนก็คือต้องทำให้อนุภาคนาโนของทองเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ เส้นใยนาโนที่ได้มีลักษณะตั้งฉากกับแผ่นรองรับและเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบความหนาแน่นประมาณ 10^{7} มิลลิเมตร$^{-3}$ ความยาวของเส้นนาโนจะอยู่ที่ 5 ไมโครเมตร ขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์ และจะขึ้นที่บริเวณที่มีอนุภาคนาโนของทองเคลือบอยู่เท่านั้น

Zhang และคณะ (2005) [8] สังเคราะห์เส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์โดยเทคนิค thermal evaporation ใช้แซ็ปไฟร์ที่เคลือบด้วยฟิล์มบางของซิงก์ออกไซด์เป็นแผ่นรองรับโดยไม่ใช้ตัวเร่งใดๆ เพิ่ม อุณหภูมิที่ใช้ในการสังเคราะห์จะอยู่ที่ 750 องศาเซลเซียส และอยู่ภายใต้บรรยากาศของอาร์กอน ผลที่ได้จากการสังเคราะห์พบว่า เส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์มีลักษณะการเกิดที่เป็นระเบียบและงอกออกมาในลักษณะที่ตั้งฉากกับแผ่นรองรับ เส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของเส้นนาโนจะอยู่ที่ 60 นาโนเมตร และ 4 ไมโครเมตร ตามลำดับ จากนั้นทำการวัดการเปล่งแสงที่อุณหภูมิห้องพบว่ามีการปล่อยแสงที่ความยาวคลื่น 370-390 นาโนเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับเอกสารอ้างอิงที่ 5 พบว่าแสงที่ปล่อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ออกมามีความยาวคลื่นลดลง สามารถอธิบายได้ว่าช่องว่างที่เกิดจากอะตอมออกซิเจนลดลงไปอย่างมาก หรือแทบจะไม่มีเลย

Meng และคณะ (2005) [9] สังเคราะห์แท่งนาโนของซิงก์ออกไซด์ที่อุณหภูมิต่ำ (ประมาณ 510 องศาเซลเซียส) โดยใช้เทคนิค vapor phase transport method แผ่นรองรับที่ใช้เป็นซิลิกอนเคลือบทองหนา 2 นาโนเมตร โดยประมาณ การสังเคราะห์เกิดภายใต้บรรยากาศของอาร์กอน แท่งนาโนของซิงก์ออกไซด์มีลักษณะการเกิดที่เป็นระเบียบ และงอกออกมาในลักษณะที่ตั้งฉากกับ แผ่นรองรับ รูปร่างแท่งนาโนเป็นแบบ 6 เหลี่ยม (hexagonal) ความหนาแน่นของการกระจายตัวประมาณ $3.2\times10^{13} m^2$ ผลที่ได้จาก EDX แสดงให้เห็นว่าแท่งนาโนที่ได้ประกอบด้วย สังกะสี และ ออกซิเจนเท่านั้น

Chen และคณะ (2006) [10] สังเคราะห์แท่งนาโนซิงก์ออกไซด์โดยวิธี vapor transport process โดยใช้สารตั้งต้นเป็น ผงสังกะสีบริสุทธิ์, ผง สังกะสีบริสุทธิ์ผสมกับแกรไฟต์ และ ผงสังกะสีบริสุทธิ์ผสมกับท่อนาโนคาร์บอน อุณหภูมิที่ใช้ในการสังเคราะห์มีสองค่าคือ 450 องศาเซลเซียส และ 600 องศาเซลเซียส จากนั้นศึกษาถึงรูปร่าง โครงสร้าง และสมบัติทางแสงที่เปลี่ยนไป พบว่าในสารตั้งต้นกรณีแรกผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นลักษณะแฉกสามแฉก สารตั้งต้นกรณีที่สองให้ผลิตภัณฑ์เป็นลักษณะ chrysanthemum สารตั้งต้นกรณีที่สามให้ผลิตภัณฑ์เป็นลักษณะเข็มนาโน ซึ่งสรุปได้ว่าสารตั้งต้นมีส่วนอย่างมากกับลักษณะผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ จากการศึกษาสมบัติทางแสงพบว่าการสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอะตอมของออกซิเจนหายไป แต่ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส พบว่ามีการลดลงของอะตอมออกซิเจนที่หายไป

Wang และคณะ (2006) [11] สังเคราะห์แท่งซิงก์ออกไซด์โดยวิธีการ templated electrochemical deposition จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค TEM และ HRTEM พบว่าแท่งนาโนซิงก์ออกไซด์แสดงความเป็นผลึกที่ดีมาก เส้นผ่าศูนย์กลางมีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอ ผิวของผลิตภัณฑ์มีความขรุขระเล็กน้อย และยังพบอีกว่าความขรุขระของพื้นผิวจะเพิ่มมากขึ้นถ้าเส้นผ่าศูนย์กลางแท่งนาโนลดลง

Jeong และคณะ (2007) [12] สังเคราะห์แท่งซิงก์ออกไซด์โดยการควบคุมเงื่อนไขการเกิดเริ่มต้นโดยใช้ MOCVD อุณหภูมิที่ใช้ในการสังเคราะห์คือ 770 องศาเคลวิน ควบคุมอัตราการไหลของไดเอททิลซิงก์ (diethyl zinc) โดยมีอาร์กอนเป็นพาหะ และอัตราการไหลของออกซิเจนเท่ากับ 50 sccm การสังเคราะห์นี้ใช้ Al_2O_3 เป็นแผ่นรองรับ ผลที่ได้ปรากฏว่า แท่งนาโนซิงก์ออกไซด์มีการเรียงตัวแบบตั้งฉากกับแผ่นรองรับและมีความสม่ำเสมอมาก เมื่อตรวจดูด้วยการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์พบพีคที่ 34.4 และ 72.5 องศา แสดงให้เป็นว่าซิงก์ออกไซด์ที่ได้ขึ้นตั้งฉากกับแผ่นรองรับและทิศทางการเกิดอยู่บนแกน c และมีโครงสร้างเป็นแบบ 6 เหลี่ยม (hexagonal)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อที่จะสังเคราะห์เส้นใยนาโนซิงก์ออกไซด์บนแผ่นรองรับแก้วสไลด์โดยวิธีการตกสะสมด้วยการเผาด้วยกระแสไฟฟ้าและการระเหิดด้วยวิธีคาร์โบเทอร์มอล จากนั้นหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดที่ให้เส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีความสม่ำเสมอ เป็นระเบียบ และมีการจัดเรียงตัวที่ตั้งฉากกับแผ่นรองรับ รวมไปถึงการตรวจสอบโครงสร้าง องค์ประกอบของธาตุ คุณสมบัติทางด้านแสง และลักษณะผลึกของเส้นใยที่ได้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1) ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์

1.4.2) เตรียมสารตั้งต้น คือ ผงซิงก์ออกไซด์ผสมกับแกรไฟต์ และเตรียมแผ่นรองรับ

1.4.3) เตรียมอนุภาคนาโนของทองบนแผ่นรองรับเพื่อใช้เป็นตัวเร่ง

1.4.4) สังเคราะห์เส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์โดยใช้กระบวนการตกสะสมด้วยการเผาด้วยกระแสไฟฟ้าและกระบวนการระเหิดโดยวิธีคาร์โบเทอร์มอล

1.4.5) ตรวจสอบลักษณะของเส้นใยที่ได้ด้วยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยด้วยกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ (EDS) ตรวจสอบคุณสมบัติทางแสงเมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอออนพลังงานต่ำ (IL) และตรวจวัดลักษณะของผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์โดยกระบวนการตกสะสมด้วยการเผาด้วยกระแสไฟฟ้า

1.5.2 ทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์โดยกระบวนการระเหิดโดยวิธีคาร์โบเทอร์มอล

1.5.3 สามารถสังเคราะห์เส้นใยนาโนของซิงก์ออกไซด์ที่มีรูปร่าง ขนาดและการจัดเรียงตัวอย่างสม่ำเสมอ เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์ในงานชั้นสูงต่อไป

1.5.4 ได้เรียนรู้เทคนิคการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาค, องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved