บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะเรื่องของนาโนเทคโนโลยี ในทั่วทุกมุมโลก นักวิจัย นักศึกษาต่างมีความมุ่งมั่น พยายามที่จะค้นคว้าเพื่อให้ได้มาซึ่งประโยชน์อันมหาศาล โดยทั้งในส่วนของภาครัฐและภาคเอกชนต่างได้ทุ่มเทงบประมาณและทรัพยากรสำหรับการวิจัยศึกษาเป็นจำนวนมาก ทำให้ความก้าวหน้าทางด้านนาโนเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว สร้างประสิทธิภาพและประโยชน์เพื่อสนองต่อความต้องการของมนุษย์

ผลจากความก้าวหน้านี้ มนุษย์เราจึงมีความหวังอันยิ่งใหญ่ว่าจะได้นำเอาประโยชน์จากนาโนเทคโนโลยีมาใช้ปรับปรุงแก้ไข รักษาเยียวยา และ/หรือเทคโนโลยีด้านนี้จะนำมาซึ่งความเปลี่ยนแปลงที่ยิ่งใหญ่ให้เกิดขึ้นได้ดังจินตนาการ อาทิ หุ่นยนต์ตัวน้อยขนาดจิ๋วเข้าไปวิ่งสำรวจเพื่อกำจัดเซลล์มะเร็ง หรือไล่ล่าเชื้อโรคร้ายในร่างกายมนุษย์และสัตว์ รวมถึงการสำรวจตรวจสอบอวัยวะส่วนต่างๆ ภายในร่างกายเพื่อค้นหาส่วนที่มีความเสียหาย บกพร่อง หรือมีความผิดปกติเกิดขึ้นในร่างกาย

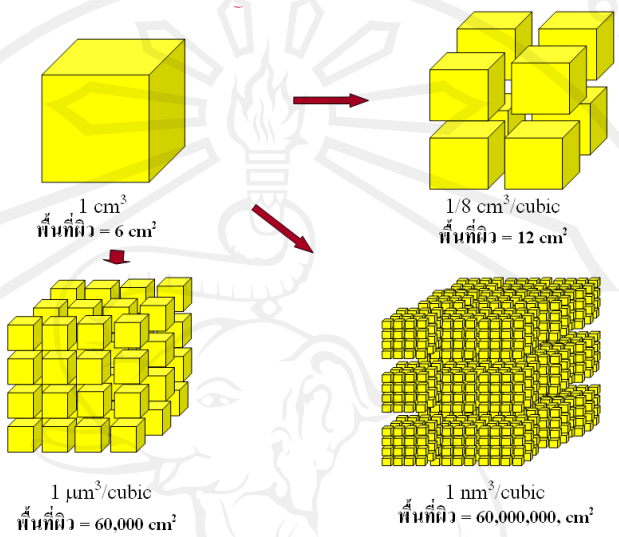
อะไรคือ นาโนเทคโนโลยี ?

คำว่า นาโนเมตร (nm) [1] หมายถึง ขนาด 1 ในพันล้านส่วนของ 1 เมตร สำหรับนิยามของคำว่า นาโนเทคโนโลยี The U.S. National Nanotechnology Initiative [2] ได้ให้นิยามคำว่า นาโนเทคโนโลยีว่า

“เป็นความสัมพันธ์ที่เกี่ยวเนื่องกันของ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ใช้องค์ความรู้ ความเข้าใจและการควบคุมสสารที่มีระดับความยาวโดยประมาณอยู่ในช่วงของ 1-100 นาโนเมตร อย่างไรก็ตามนาโนเทคโนโลยีไม่ได้ถูกจำกัดอยู่แต่เพียงว่าเป็นการทำงานกับสสารที่มีขนาดระดับนาโนเมตร แต่ยังเป็นเรื่องของการวิจัยและการพัฒนาวัสดุ อุปกรณ์ และระบบให้มีคุณสมบัติที่แปลกใหม่และมีการทำงานในระดับมิติหรือองค์ประกอบระดับนาโนเมตรอีกด้วย”

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

The British Royal Society และ The Academy of Engineering [3] ได้ให้นิยามคำว่า นาโนเทคโนโลยีว่า หมายถึง การออกแบบ การศึกษาลักษณะเฉพาะ การผลิต และการประยุกต์ในส่วนของโครงสร้าง อุปกรณ์ และระบบต่างๆ โดยการควบคุม รูปร่าง และขนาดที่อยู่ในระดับนาโนเมตร



รูปที่ 1.1 การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิวโดยปริมาตรรวมยังมีค่าเท่าเดิม [4]

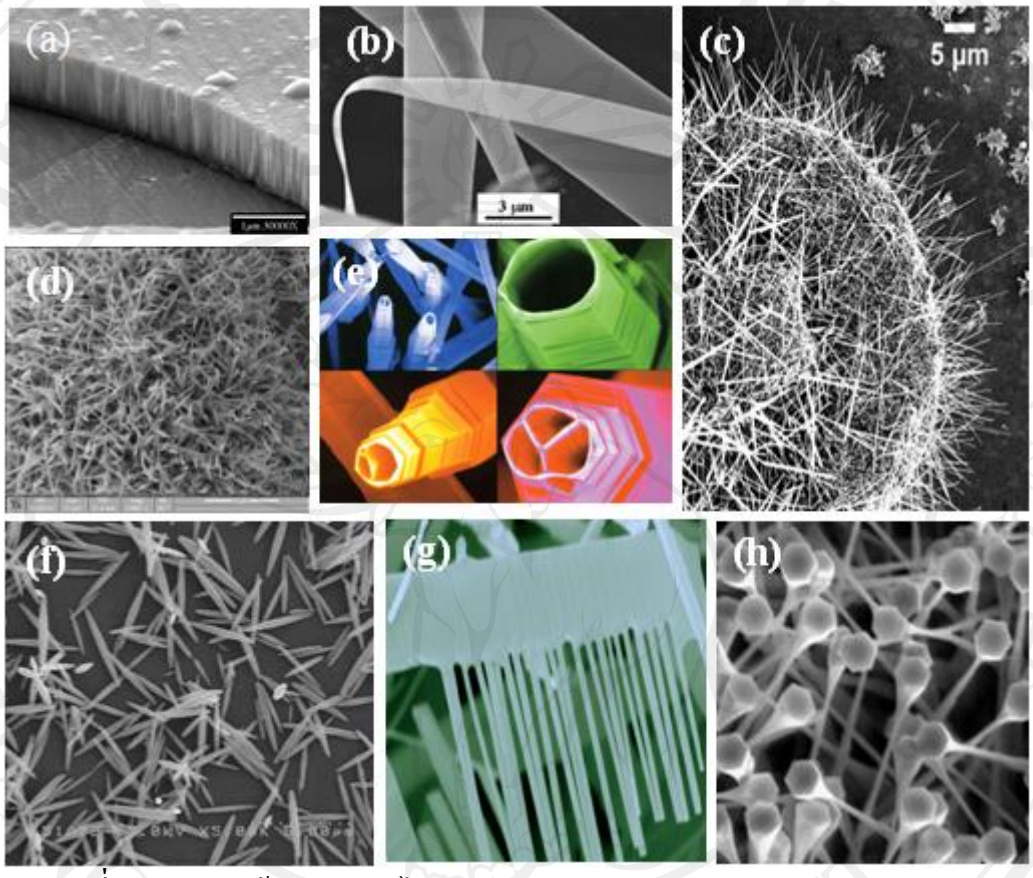
ความสำคัญของนาโนเทคโนโลยี [4] คือ เมื่อสสารมีขนาดเล็กลงจะทำให้มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรที่มากขึ้น ดังรูปที่ 1.1 จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ได้มาก ในทางทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัม เมื่อสสารมีขนาดเล็กลงมากๆ จะมีผลทำให้ความหนาแน่นสถานะ (density of state) ของสารเปลี่ยนแปลงไป ถ้าสสารมีขนาดเล็กลงมากๆ จะทำให้ความหนาแน่นสถานะของสารนั้นมีค่าเพียงบางค่าเท่านั้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นสถานะของสารนั้นทำให้สมบัติบางอย่างของสารเปลี่ยนแปลงไป เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด และการนำไฟฟ้า เป็นต้น โดยสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปนี้เป็นสิ่งที่น่าสนใจ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ อาทิเช่น นำไปพัฒนาเป็นอุปกรณ์เซนเซอร์ และอุปกรณ์ทางแสง เป็นต้น

จากที่กล่าวมาในเบื้องต้น สารกึ่งตัวนำซิงก์ออกไซด์ (ZnO) เป็นอีกสารหนึ่งที่มีรูปร่างผลึกหรือโครงสร้างในหลากหลายรูปแบบโดยมีขนาดทั้งในระดับไมโครเมตรและระดับนาโนเมตร ดังรูปที่ 1.2

สารกึ่งตัวนำ ZnO [4] เป็นสารกึ่งตัวนำในกลุ่ม II-V ที่มีช่องว่างแถบพลังงานกว้าง (wide band gap semiconductor) ประมาณ 3.37 eV ที่อุณหภูมิห้อง มีช่องว่างแถบพลังงานเป็นแบบ direct

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

band gap มีโครงสร้างแบบ wurtzite hexagonal structure มีค่าคงที่ของแลตทิซ (lattice constant) a = b = 3.24982 Å และ c = 5.20661 Å



รูปที่ 1.2 โครงสร้างในระดับไมโครเมตรและระดับนาโนเมตรแบบ (a) thin films [5] (b) nanobelts [6] (c) nanowires [7] (d) nanoneedles [8] (e) nanotubes [9] (f) nanorods [10] (g) nanocombs [9] และ (h) nanonails [11]

ในชีวิตประจำวันของคนเราเกี่ยวข้องกับ ZnO อยู่มาก เช่น ใช้เป็นองค์ประกอบในยารักษาโรค แป้งทาหน้า และครีมกันแดด เป็นต้น รวมถึงยังมีสมบัติที่น่าสนใจอื่นอีก อาทิเช่น สมบัติทางแสง และสมบัติทางเคมี เป็นต้น

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ ZnO ในด้านอื่นๆ อีก เช่น solar cells และ solid-state optoelectronic devices เป็นต้น เนื่องด้วยวัสดุกึ่งตัวนำชนิดนี้มีค่าสภาพคล่องในการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนสูง (high mobility of conduction electrons) มีสมบัติทางเคมีที่ดีและมีความเสถียรทางความร้อน (thermal stability) [12]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เซลล์แสงอาทิตย์ที่พัฒนาและใช้งานในปัจจุบันส่วนใหญ่ทำมาจากซิลิกอน เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอนแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือแบบอสัณฐานและแบบผลึก ซึ่งมีทั้งผลึกเชิงเดี่ยวและพหุผลึก ถึงแม้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกจะมีมากกว่าแบบอสัณฐาน แต่ในการผลิตเซลล์แบบผลึกมีขั้นตอน ความซับซ้อน และราคาแพง จึงได้มีผู้คิดค้นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (Dye-sensitized Solar Cells) เพื่อนำมาทดแทนเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกกว่า มีขั้นตอนในการผลิตง่ายกว่า และสามารถผลิตในปริมาณที่มากกว่าได้

ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันจึงได้ให้ความสำคัญกับการศึกษาและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีต้นทุนการผลิตที่ถูกลง จึงเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาวิจัยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (Dye-sensitized Solar Cell, DSSC) ซึ่งมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ และมีกระบวนการเตรียมที่สะดวก DSSC นี้มีสมบัติในการดูดกลืนแสงได้ดีทั้งในย่าน ultra Violet (UV) และ visible light ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของตัวรับแสง อีกทั้งยังมีราคาถูกกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด silicon based หลักการทำงานของ DSSC จะเกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบเซลล์ทำให้โมเลกุลของสีย้อมถูกกระตุ้น จากนั้นอิเล็กตรอนในสถานะกระตุ้น (excite state) จะกระโดดไปอยู่ในแถบนำไฟฟ้า (conduction band,CB)ของสารกึ่งตัวนำ จากนั้นอิเล็กตรอนจะแพร่ไปยังกระจกนำไฟฟ้า อิเล็กตรอนเหล่านี้จะไหลจากขั้วโฟโตอิเล็กโทรด (photoelectrode) ไปยังโหลดภายนอกทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น จนกระทั่งอิเล็กตรอนไหลไปถึงเคาน์เตอร์อิเล็กโทรด (counterelectrode) ขณะเดียวกันโมเลกุลของสีย้อมที่ถูก oxidized มาแล้วจะถูก generate โดย redox meadiators (I^- / I_3^-) และ redox meadiators เหล่านี้จะรับอิเล็กตรอนจาก counter electrode ทำให้กลับคืนสู่สภาพเดิมและพร้อมที่จะเกิดปฏิกิริยาใหม่อีกครั้ง

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเตรียมฟิล์มบางซิงก์ เพื่อใช้สำหรับการปลูกเส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์ สามารถเตรียมได้หลายวิธี เช่น การใช้วิธีการสปัตเตอริง และ การระเหยด้วยความร้อน เป็นต้น ในงานวิจัยนี้จะเตรียมฟิล์มบางโดยเทคนิคการระเหยด้วยความร้อน (thermal evaporation technique) เพราะสามารถเตรียมฟิล์มบางได้รวดเร็วและใช้ปริมาณสารตั้งต้นที่น้อย

เทคนิคการระเหยด้วยความร้อน เป็นวิธีการทำให้สารเกิดการระเหยเป็นไอโดยการให้ความร้อนแก่สารจนถึงอุณหภูมิที่เป็นจุดเดือดของสารนั้นผ่านขดลวดทังสเตนที่มีการให้กระแสไฟฟ้าผ่านปริมาณมากจนสารใช้ระเหยกลายเป็นไอขึ้นไปเคลือบเป็นฟิล์มบางบนแผ่นรองรับที่เตรียมไว้ โดยเทคนิคนี้จะทำในสภาวะสุญญากาศในระดับความดัน 5×10^{-5} mbar และได้มีงานวิจัยด้านการเตรียม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำชนิดพี เพื่อนำมาใช้ประโยชน์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ดังต่อไปนี้

C.-L. Xu และคณะ [13] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางแสงของเส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์ที่ได้จากการปลูกที่อุณหภูมิต่ำ โดยกระบวนการ CVD ซึ่งจากการทดลองสามารถปลูกเส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์ได้ และทำการวิเคราะห์โดยวิธี XRD เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของสารที่ได้ และเมื่อทำการวิเคราะห์ทางแสงพบว่าเกิดการเลื่อนของความยาวคลื่นของแสงที่ผ่านโดยที่ช่วง UV อยู่ที่ 395 nm และ ช่วง blue-green ที่ 465 nm

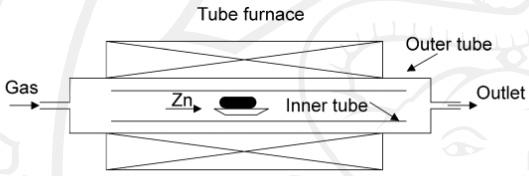


Fig. 1. Schematic illustration of CVD system for the growth of radial ZnC nanowires.

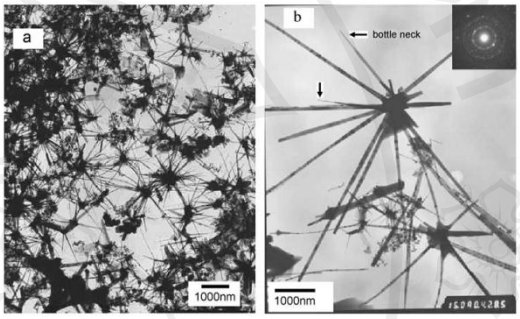
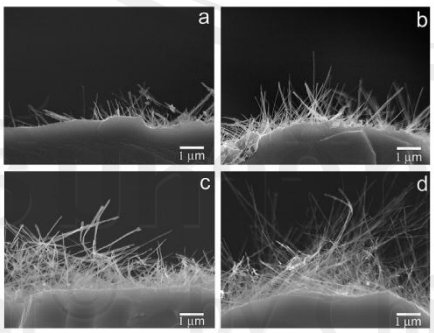
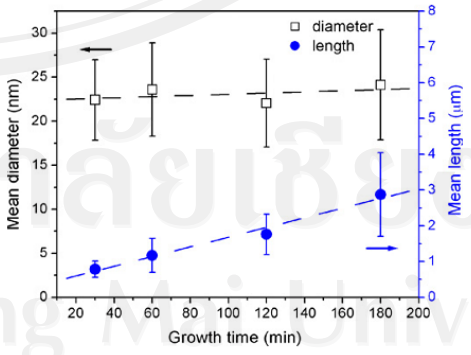


Fig. 3. TEM images of radial ZnO nanowires: (a) low-magnification image; (b) high-magnification image.

รูปที่ 1.3 ปลูก ZnO nanowires โดยกระบวนการ CVD ของ C.-L. Xu และคณะ

S. Daothong และคณะ [14] ได้ทำการศึกษาการควบคุมการปลูกเส้นลวดนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์บนแผ่นรองรับไทเทเนียมในบรรยากาศไอเอทานอล ซึ่งได้ทำการศึกษาการปลูกเส้นลวดนาโนที่อุณหภูมิต่างๆ และที่เวลาต่างๆ พบว่า ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางจะมีขนาดเพิ่มมากขึ้น เมื่อทำการปลูกที่อุณหภูมิมากขึ้นตามลำดับ และความยาวของเส้นลวดนาโนจะมีขนาดความยาวเพิ่มมากขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการปลูกเส้นลวดนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์

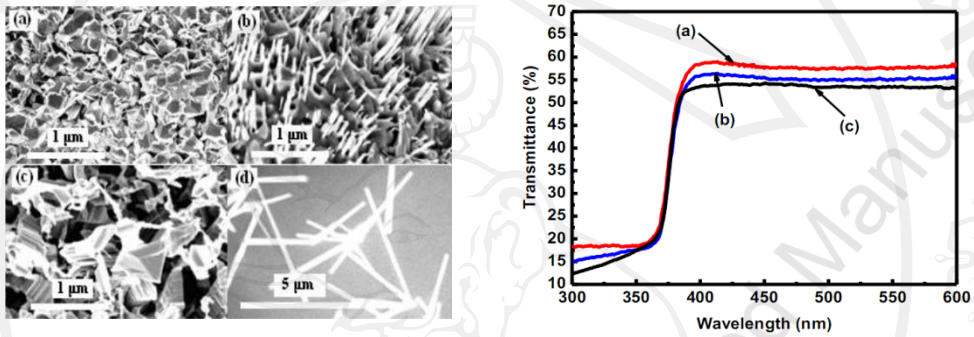




รูปที่ 1.4 ลักษณะของเส้นลวดนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ และความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาว กับ ระยะเวลาในการปลูกของ S. Daothong และคณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

X.H. Wang และคณะ [15] ได้ทำการปลูกเส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์ด้วยกระบวนการ CVD (chemical vapor deposition technique) ลงบนกระจก ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิ และชั้นฟิล์มบางที่มีผลต่อการเกิดเส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์ อีกทั้งได้ศึกษาสมบัติทางแสงของชิ้นงาน พบว่าอัตราส่วนความเข้มของแสง ($I_{UV}/I_{Visible\ Band}$) ที่ผ่านฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์มีค่าลดลงเมื่อชั้นของบัฟเฟอร์ที่ใช้ในการปลูกเส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งการส่งผ่านของแสงยังมากกว่า 50 % ในช่วงมองเห็น



รูปที่ 1.5 ZnO nanowires ที่ปลูกบนกระจกที่มีชั้นของฟิล์มบางซิงก์ และสมบัติการส่องผ่านทางแสงของชิ้นงานของ X.H. Wang และคณะ

จากข้างต้น จะเห็นได้ว่าสามารถทำการปลูกเส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์บนกระจกได้ด้วยกระบวนการ CVD ในบรรยากาศที่มีสารอื่นๆที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะทำการปลูกเส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์บนกระจกนำไฟฟ้าด้วยกระบวนการ CVD ในไออะซีโตน เนื่องจากไอของอะซีโตนมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ทำให้สามารถควบคุมปริมาณของออกซิเจนที่ทำให้เกิดเส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์ได้ และนำไปประยุกต์ใช้เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับสีย้อมไวแสงและสมบัติการส่องผ่านของแสงที่มีค่ามากในส่วนของขั้วโฟโตอิเล็กโทรด ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อปลูกเส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์บนกระจกนำไฟฟ้าเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

2. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางแสงของเส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์ที่ปลูกได้

3. เพื่อศึกษาสมบัติการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ที่สร้างจากเส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์ที่ปลูกได้

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา เชิงทฤษฎีและ/หรือเชิงประยุกต์

1. ได้เส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์ที่ปลูกบนกระจกนำไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงได้

2. ได้ความสัมพันธ์และแนวโน้มทางกายภาพและสมบัติทางแสงของฟิล์มบางเส้นลวดนาโนซิงก์ออกไซด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved