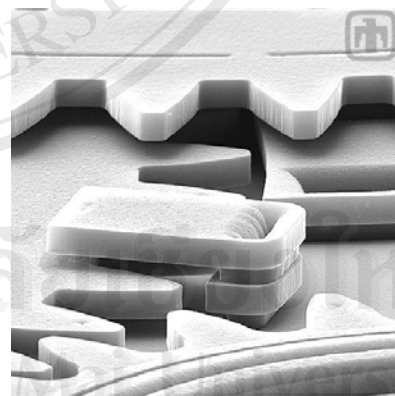


บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

คำว่า Nano มาจากภาษากรีกแปลว่า 1 ในพันล้านหน่วย ดังนั้นนาโนเทคโนโลยี จึงหมายถึง ความสามารถในการทำ การวัด การสำรวจ การทำนาย และการสร้างสิ่งต่างๆ ในระดับอะตอม หรือ โมเลกุล และสามารถใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติและคุณลักษณะที่ค้นพบในระดับดังกล่าวได้ โดยทั่วไปแล้วนาโนเทคโนโลยีทำงานในระดับที่เล็กมากๆ ตั้งแต่ 0.1 ถึง 100 นาโนเมตร โดยที่หน่วยวัด 1 นาโนเมตรมีขนาด 1 ในพันล้านของเมตร หรือประมาณ 1/80,000 ของเส้นผมมนุษย์ และในแวดวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีในปัจจุบัน นาโนเทคโนโลยีอาจถือได้ว่าเป็นเสมือนสินามิลูกใหญ่ที่ส่งผลกระทบต่อพัฒนาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้มีการพัฒนาไปอย่างก้าวกระโดด เนื่องจากสมบัติที่โดดเด่นหลายอย่างของวัสดุต่างๆ ที่มีโครงสร้างอยู่ในระดับนาโนเมตร จึงทำให้ปัจจุบันนักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการวิจัยหรือการศึกษาทางด้านนาโนเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก จึงเป็นผลให้เกิดการวิจัยพัฒนาอุปกรณ์ขนาดเล็กที่อยู่ในระดับนาโนเมตร หรือ nano devices ต่างๆ ขึ้นมากมายเช่นจักรกลนาโนดังรูปที่ 1.1

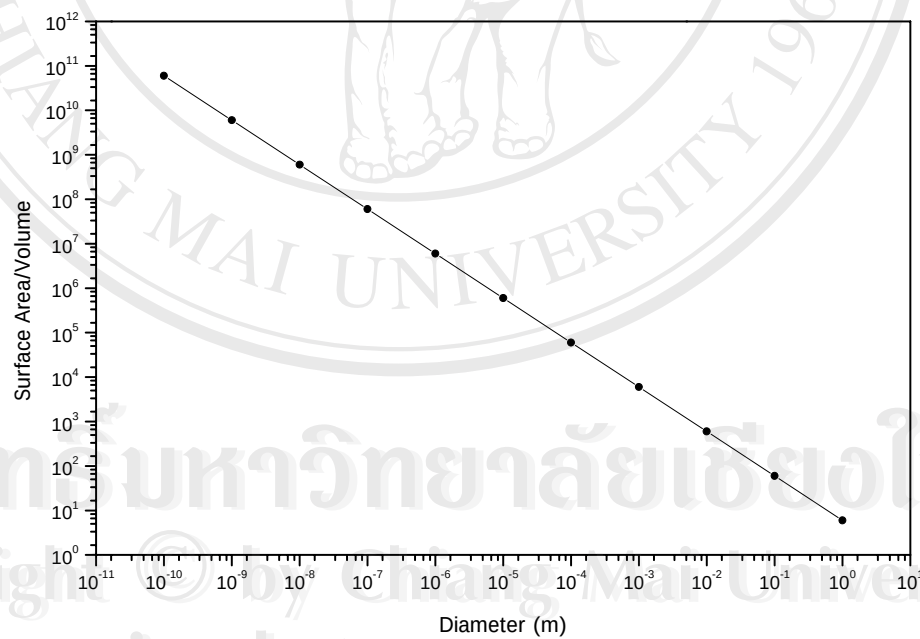


รูปที่ 1.1 แสดงตัวอย่างจักรกลนาโน^(13, 14)

จากความก้าวหน้าของนาโนเทคโนโลยีในปัจจุบัน ทำให้หลายคนคิดฝันไปถึงการสร้างหุ่นยนต์ขนาดจิ๋วเพื่อส่งเข้าไปสำรวจหรือซ่อมแซม ความผิดปกติต่างๆ ภายในร่างกายมนุษย์ได้ ดังรูปที่ 1.2

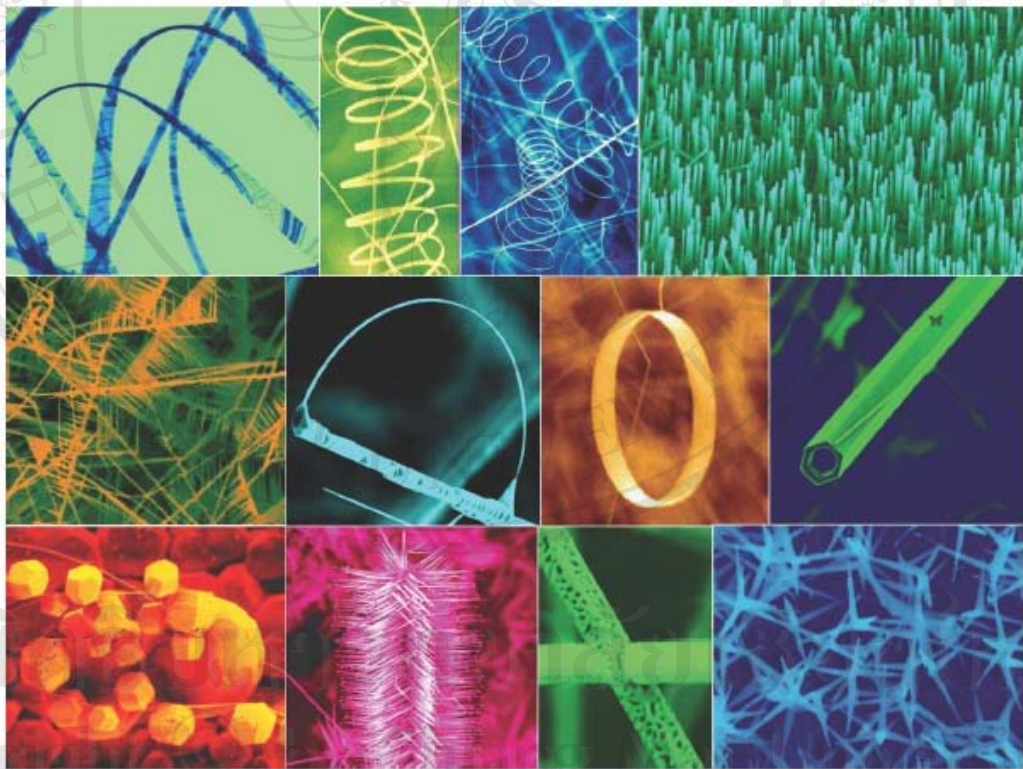


รูปที่ 1.2 แสดงแบบจำลองหุ่นยนต์ขนาดจิ๋วที่สามารถเข้าไปรักษามนุษย์จากภายในได้⁽¹⁵⁾



รูปที่ 1.3 แสดงอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรเมื่อวัสดุมีขนาดเล็กลง

จากการศึกษาพบว่า เมื่อสสารมีขนาดเล็กลงมากๆ จะทำให้มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรที่สูงขึ้นหลายเท่าตัว ดังรูปที่ 1.3 จึงทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้มาก หรือในเชิงทฤษฎีทางกลศาสตร์ควอนตัมเมื่อสสารมีขนาดเล็กลงมากๆ จะมีผลทำให้ความหนาแน่นสถานะ (Density of State) ของสารเปลี่ยนแปลงไป โดยถ้าสสารมีขนาดเล็กลงมากๆ เป็นจุดนาโน จะทำให้ความหนาแน่นสถานะของสารนั้นมีค่าเพียงบางค่าเท่านั้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นสถานะของสารนี้ทำให้สมบัติบางอย่างของสารเปลี่ยนแปลงไป เช่น จุดเดือด การนำไฟฟ้า เป็นต้น โดยที่สมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปนี้เป็นสิ่งที่น่าสนใจ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ โดยสามารถนำไปพัฒนาเป็นอุปกรณ์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์เซนเซอร์, อุปกรณ์ทางแสง จึงถือเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญที่จะทำการศึกษากการสังเคราะห์โครงสร้างระดับนาโนของสารแบบต่างๆ เช่น เส้นลวดนาโน, แท่งนาโน, เส้นเข็มขัดนาโน, จานนาโน, จุดนาโน ดังรูปที่ 1.4 เป็นต้น

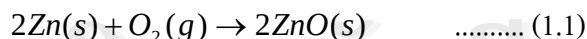


รูปที่ 1.4 แสดงโครงสร้างระดับนาโนเมตรแบบต่างๆของสารเชิงค์ออกไซด์⁽²⁵⁾

สารซิงค์ออกไซด์ (ZnO) เป็นสารที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ จึงเป็นสารที่ถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันอย่างแพร่หลาย เช่นของใช้ในชีวิตประจำวันหลายอย่างที่มีสารซิงค์ออกไซด์เป็นส่วนประกอบสำคัญอยู่ในแป้งเด็ก แป้งทาหน้า หรือครีมกันแดด เป็นต้น และสารซิงค์ออกไซด์ยังมีสมบัติด้านอื่นที่น่าสนใจอีกด้วย เช่น สมบัติทางแสง สมบัติทางเคมี หรือสมบัติอีกประการที่น่าสนใจของสารซิงค์ออกไซด์คือ สารซิงค์ออกไซด์เมื่อทำปฏิกิริยากับก๊าซบางชนิด เช่น เอทานอล ในเงื่อนไขที่เหมาะสม ค่าความต้านทานของสารจะเปลี่ยนแปลงไปโดยสัมพันธ์กับความเข้มข้นของก๊าซ จากสมบัตินี้สารซิงค์ออกไซด์จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์ก๊าซได้ และถ้าสามารถทำให้พื้นที่ผิวของเซนเซอร์เพิ่มขึ้นได้ คาดว่าจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการตรวจจับก๊าซเพิ่มมากขึ้นด้วย และด้วยสาเหตุนี้จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่จะทำการพัฒนาและศึกษาการเตรียมโครงสร้างนาโนของสารซิงค์ออกไซด์และประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์ก๊าซ

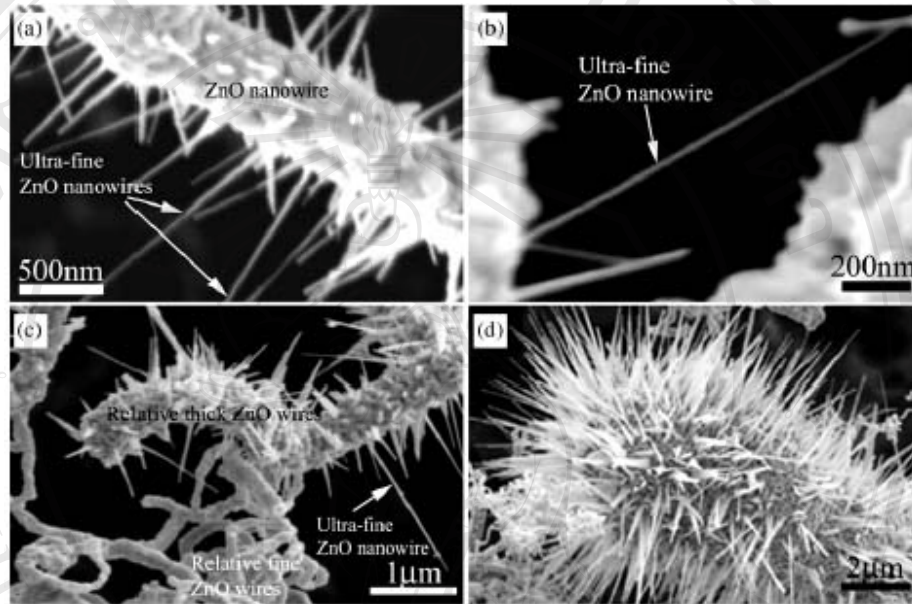
สารซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide; ZnO) มีโครงสร้างแบบ Wurtzite hexagonal ที่มีค่าคงที่แลตทิซ (lattice constant) $a = b = 3.2495 \text{ \AA}$ และ $c = 5.2069 \text{ \AA}$ ที่ 300 K มีความหนาแน่น 5.606 g cm^{-3} มีจุดหลอมเหลว 1975°C สารซิงค์ออกไซด์ถือเป็นสารกึ่งตัวนำประเภทช่องว่างแถบพลังงาน กว้าง มีค่าช่องว่างแถบพลังงาน (band gap) 3.4 eV มีค่ามวลยังผล (effective mass) สำหรับอิเล็กตรอน $0.24 m_0$ และ $0.59 m_0$ สำหรับโฮลล์ มีค่าสภาพคล่องของอิเล็กตรอน (electron Hall mobility) $200 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ และมีค่าสภาพคล่องของโฮลล์ (hole Hall mobility) $5\text{-}50 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$

การสังเคราะห์เส้นลวดนาโนของสารซิงค์ออกไซด์มีด้วยกันหลายวิธี รวมทั้งวิธีการออกซิเดชัน ซึ่งถือเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นวิธีการที่ราคาถูก และง่ายในการเตรียม จึงมีความสนใจที่จะเตรียมเส้นลวดนาโนของสารซิงค์ออกไซด์ด้วยวิธีการออกซิเดชันนี้ โดยมีหลักการอย่างง่าย คือ อาศัยอุณหภูมิสูงเพื่อทำให้สารตั้งต้นทำปฏิกิริยาออกซิเดชันในอากาศ กลายเป็นสารประกอบออกไซด์ดังสมการ



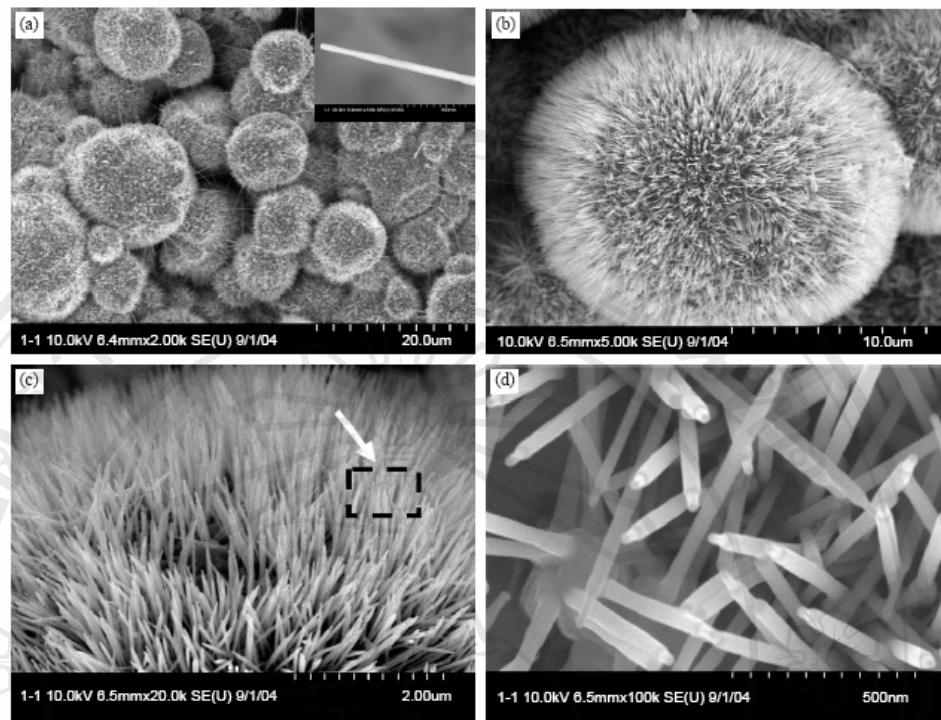
การสังเคราะห์สารซิงค์ออกไซด์ให้มีโครงสร้างในระดับนาโนเมตร มีวิธีการสังเคราะห์หลายวิธี เช่น Pulsed laser deposition technique ⁽⁷⁾, Electrodeposition technique ⁽²⁰⁾, Sputtering technique ⁽⁸⁾ และ Oxidation technique ^(5, 12, 19, 22) เป็นต้น ซึ่งการเตรียมโครงสร้างนาโนของสารซิงค์ออกไซด์ด้วยวิธีการออกซิเดชันจากการศึกษารายงานในปัจจุบันพบว่า มีนักวิจัยหลายกลุ่มได้ทำการเตรียมโครงสร้างนาโนของสารซิงค์ออกไซด์ด้วยวิธีนี้ และพบว่าการนำโครงสร้างนาโนซิงค์ออกไซด์ที่เตรียมได้ไปประยุกต์ใช้งานเป็นเซนเซอร์เอทานอล ซึ่งในปัจจุบันได้มีรายงานผลการสังเคราะห์สารซิงค์ออกไซด์ที่ใช้วิธีการออกซิเดชันดังนี้

ในปี 2004 Chen และคณะ⁽⁵⁾ ได้ทำการสังเคราะห์เส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์โดยการออกซิเดชันเส้นลวดนาโนซิงค์ในอากาศที่อุณหภูมิ 800°C และจากผลการทดลองพบว่ามีเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์งอกออกมาจากเส้นลวดนาโนซิงค์ โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้อยู่ระหว่าง 8-20 nm ดังในรูปที่ 1.5



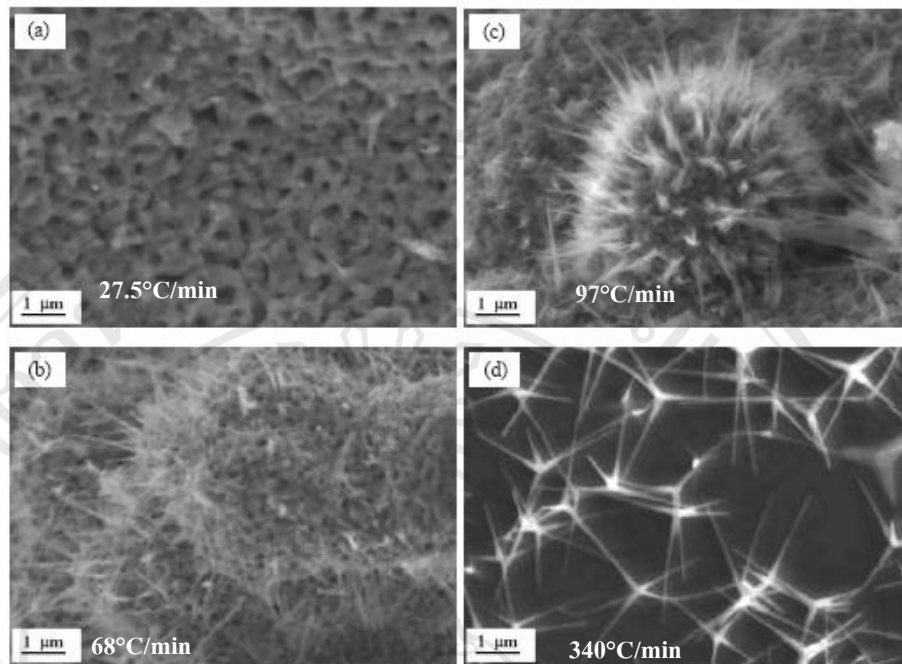
รูปที่ 1.5 แสดงเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ในการทดลองของ Chen และคณะ⁽⁵⁾

ในปี 2005 Sekar และคณะ⁽¹⁹⁾ ได้ทดลองสังเคราะห์โครงสร้างนาโนของสารซิงค์ออกไซด์โดยการออกซิเดชันผงสังกะสี โดยเผาที่อุณหภูมิ 600°C และใช้แผ่น Si เป็นแผ่นรองรับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้พบว่า เกิดเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์บนแผ่นรองรับ Si โดยเส้นลวดนาโนที่เกิดขึ้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 30 – 60 nm และผลจาก Transmission Electron Microscopy (TEM) พบว่าเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์มีทิศทางการเกิดผลึก (Growth direction) ในแนว [0001]



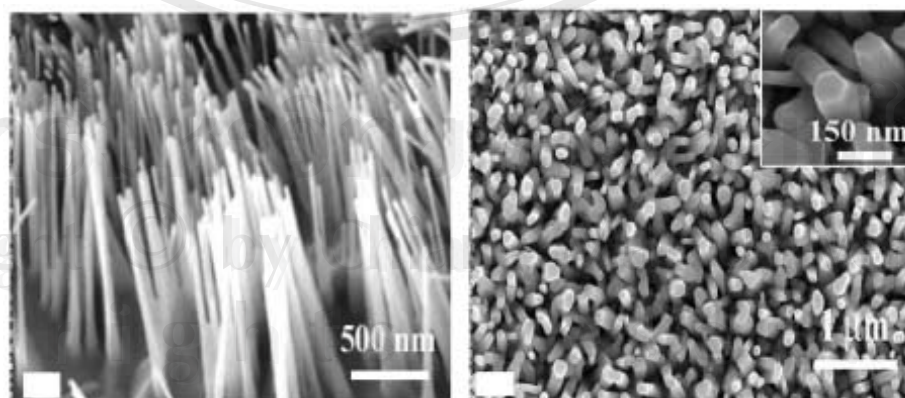
รูปที่ 1.6 แสดงเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้จากการทดลองของ Sekar และคณะ⁽¹⁹⁾

ในปี 2005 Zhang และคณะ⁽²³⁾ ได้ทดลองเตรียมโครงสร้างนาโนแบบต่างๆของสารซิงค์ออกไซด์โดยใช้วิธีการออกซิเดชันแผ่นฟอยล์สังกะสีในบรรยากาศที่อุณหภูมิ 700°C โดยใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิที่แตกต่างกันและไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ได้โครงสร้างนาโนแบบต่างๆของสารซิงค์ออกไซด์ เช่น porous membranes, nanowires (or nanorods), nanobelts, nanoneedles และ tetrapods ดังแสดงในรูปที่ 1.7



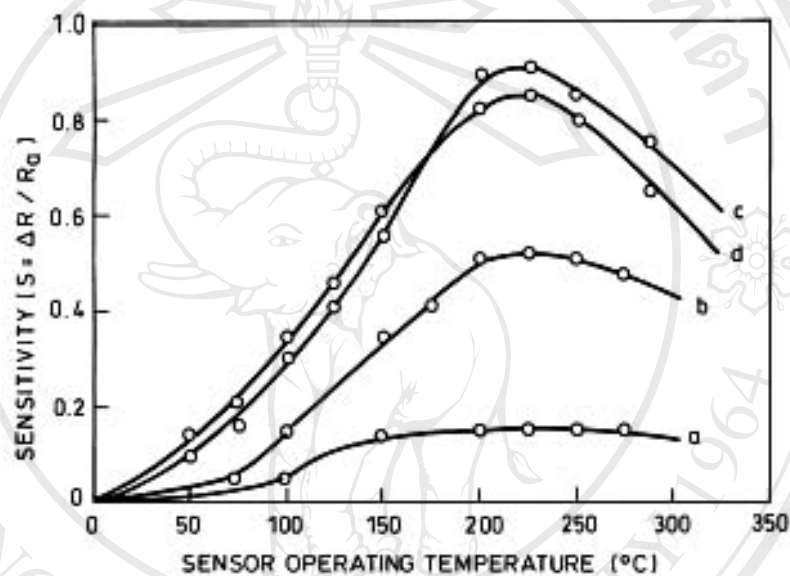
รูปที่ 1.7 แสดงโครงสร้างนาโนแบบต่างๆของสารซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ในการทดลองของ Zhang และคณะ⁽²³⁾

ในปี 2005 Liu และคณะ⁽¹²⁾ ได้ทำการสังเคราะห์เส้นลวดนาโนและแท่งนาโนซิงค์ออกไซด์ โดยการออกซิเดชันผงสังกะสีที่อุณหภูมิ 550°C และใช้ Porous Si เป็นแผ่นรองรับ ผลการทดลองพบว่าได้เส้นลวดนาโนและแท่งนาโนซิงค์ออกไซด์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 40-100 nm โดยมี Growth direction ในแนว [0001] ดังรูปที่ 1.8



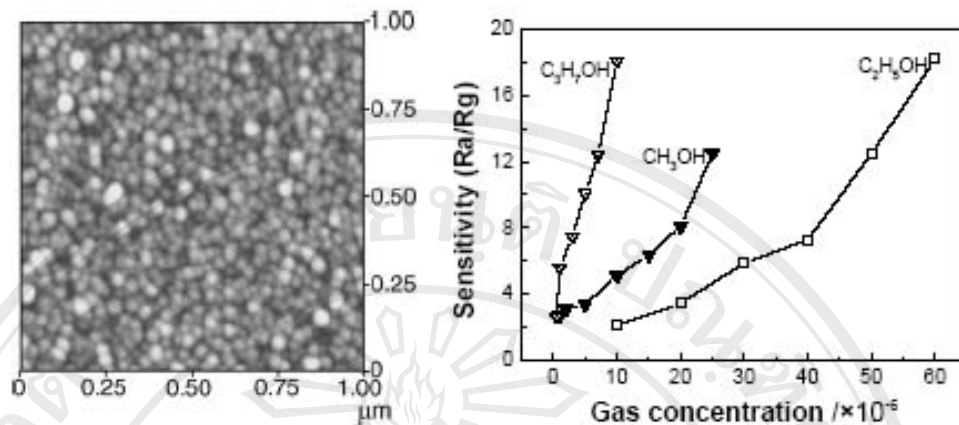
รูปที่ 1.8 แสดงเส้นลวดนาโนและแท่งนาโนซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ในการทดลองของ Liu และคณะ⁽¹²⁾

ในปี 2000 Rao⁽¹⁶⁾ ได้ทดลองเตรียมเซนเซอร์ก๊าซจากสารซิงค์ออกไซด์ที่เจือด้วย lanthanum oxide และ palladium โดยใช้วิธีการออกซิเดชัน ทำให้ได้เซนเซอร์ก๊าซ และทดสอบกับ ก๊าซชนิดต่างๆ ซึ่งผลการทดลองพบว่า เซนเซอร์ก๊าซที่เตรียมจากสารซิงค์ออกไซด์ที่เจือด้วย lanthanum oxide และ palladium มีสภาพไวต่อการตรวจวัดก๊าซที่สูง และมีความจำเพาะกับไอเอทานอลที่อุณหภูมิทำงานที่ 175°C ในบรรยากาศ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 1.9 โดยที่กราฟ a, b, c, d หมายถึง ZnO , $\text{ZnO} + 2\text{La}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO} + 4\text{La}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO} + 6\text{La}_2\text{O}_3$ ตามลำดับ



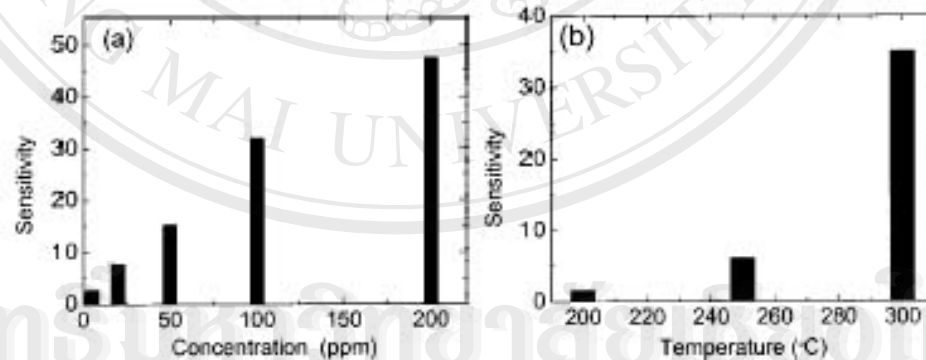
รูปที่ 1.9 แสดงผลการทดลองเอทานอลเซนเซอร์ที่เจือด้วยสารต่างๆ ของ Rao⁽¹⁶⁾

ในปี 2004 Cheng และคณะ⁽⁶⁾ ได้ทำการทดลองสังเคราะห์ฟิล์มบางซิงค์ออกไซด์บนกระจกที่มีขนาดอนุภาคซิงค์ออกไซด์เฉลี่ย 10 nm โดยใช้วิธี Sol-gel dip coating และเผาที่อุณหภูมิ 500°C ต่อจากนั้น Cheng และคณะได้ทำการทดลองสมบัติการเป็นเซนเซอร์ก๊าซของฟิล์มบางที่สังเคราะห์ได้ พบว่ามีการตอบสนองต่อไอของ Methanol, Ethanol และ Propyl alcohol ที่มีความเข้มข้นน้อยมาก คือ 1,10 และ 0.5 ppm ตามลำดับ โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.10 แสดงภาพ AFM ของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์บนฟิล์มบาง (รูปซ้ายมือ) และแสดงผลการทดสอบสมบัติการเป็นเซนเซอร์ก๊าซ (รูปขวามือ) ของ Cheng และคณะ⁽⁶⁾

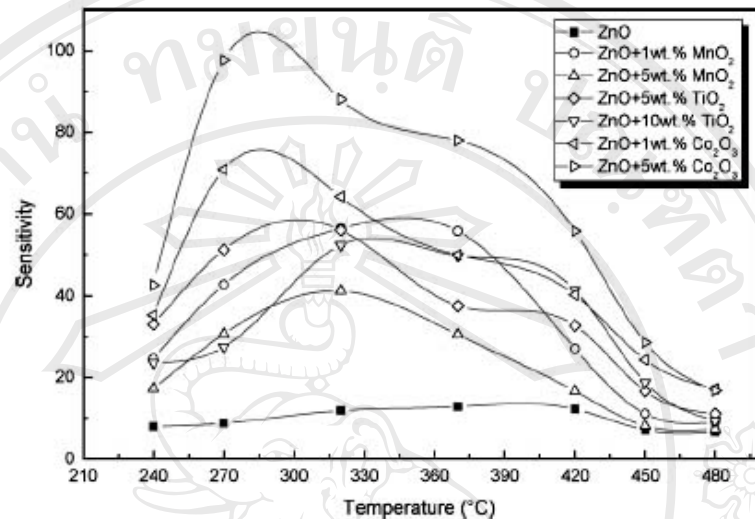
ในปี 2004 Wan และคณะ⁽²⁰⁾ ได้สังเคราะห์เส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 25 nm โดยการออกซิเดชันผงสังกะสี และนำเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ได้ไปเคลือบบน Si membrane แล้วทดสอบกับไอเอทานอลความเข้มข้นต่างๆ พบว่าอุณหภูมิทดสอบที่เหมาะสม คือ 300°C ดังรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 แสดงผลการทดสอบสมบัติการเป็นเอทานอลเซนเซอร์ของเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ในการทดลองของ Wan และคณะ⁽²⁰⁾

ในปี 2005 Zhang และคณะ⁽²⁴⁾ ได้ทำการเตรียมฟิล์มหนาของซิงค์ออกไซด์ด้วยวิธี Renovated hybrid induction and laser heating และได้ทำการศึกษาผลของการเจือสารต่างๆลงใน

ฟิล์มซิงค์ออกไซด์ที่มีต่อการเป็นเซนเซอร์แอลกอฮอล์ โดยทำการทดลองกับแอลกอฮอล์เข้มข้น 100 ppm ซึ่งผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 1.12



รูปที่ 1.12 แสดงผลการทดสอบแอลกอฮอล์เซนเซอร์ของ Zhang และคณะ⁽²⁴⁾

จากรายงานการวิจัยต่างๆ พบว่าสารซิงค์ออกไซด์มีสมบัติเป็นเอทานอลเซนเซอร์ได้ และจากการศึกษาพบว่าโครงสร้างนาโนจะมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงกว่าโครงสร้างขนาดใหญ่ อย่างมาก เพราะฉะนั้น ถ้าเราสามารถสังเคราะห์โครงสร้างนาโนของสารซิงค์ออกไซด์ได้ และประยุกต์ใช้เป็นเอทานอลเซนเซอร์ คาดว่าจะได้เซนเซอร์ก๊าซที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเซนเซอร์ก๊าซที่เตรียมจากสารซิงค์ออกไซด์ที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่

การสังเคราะห์โครงสร้างนาโนของสารซิงค์ออกไซด์มีด้วยกันหลายวิธี รวมทั้งวิธีการออกซิเดชัน ซึ่งถือเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นวิธีการที่ราคาถูก และง่ายในการเตรียม งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะเตรียมเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์ด้วยวิธีการออกซิเดชัน และนำเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ไปศึกษาสมบัติการตรวจจับเอทานอล

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาเงื่อนไขในการเตรียมเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์โดยการออกซิเดชันผงสังกะสีที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นเซนเซอร์เอทานอล