บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ท่อนาโนคาร์บอน (Carbon Nanotubes, CNTs) ถูกค้นพบครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1991 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นชื่อ ซูมิโอะ อิจิมา (Sumio Iijima) แห่งบริษัท NEC ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งได้ค้นพบท่อนาโนคาร์บอนที่มีคุณสมบัติอันน่ามหัศจรรย์หลายอย่างเช่น มีค่าความต้านทานแรงดึงมากกว่าเหล็กกล้า 100 เท่า สามารถเป็นตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด (superconductor) หรือสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) ได้ ดังนั้นในอนาคตท่อนาโนคาร์บอนจึงเป็นความหวังในการประดิษฐ์และสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ทางด้านนาโนเทคโนโลยีหลากหลายสาขา สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ใช้ผสมในวัสดุ ใช้เป็นตัวเก็บพลังงาน และใช้ทำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ความสามารถที่มากไปกว่านี้อาจจะรวมไปถึงการทำให้อุปกรณ์มีขนาดเล็กลง น้ำหนักน้อยลง ใช้พลังงานลดลง และมีสมรรถนะในการทำงานสูงขึ้น

ท่อนาโนคาร์บอนสามารถสังเคราะห์ได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น วีธีอาร์คดีสชาร์จ (Arc discharge) วิธีระเหยด้วยแสงเลเซอร์ (Laser Ablation) วิธีการตกสะสมไอเคมี (Chemical Vapor Deposition, CVD) ซึ่งสามารถสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนได้ทั้งแบบผนังชั้นเดียว (Single Walled Nanotubes, SWNTs) และผนังหลายชั้น(Multiple Walled Nanotubes, MWNTs) ซึ่งปัญหาที่พบส่วนใหญ่ คือ การที่จะทำให้ท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้มีความบริสุทธิ์สูง การควบคุมขนาด รูปร่าง และปริมาณในการสังเคราะห์แต่ละครั้งยังมีปริมาณน้อย

ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สนใจที่จะสังเคราะห์และศึกษาลักษณะเฉพาะของท่อนาโนคาร์บอน ซึ่งในการวิจัยมีการเตรียมคะตะลิสต์เหล็ก นิกเกิล และโคบอลต์ โดยใช้วิธีการสปาร์ค (Spark Sputtering) ระหว่างปลายลวดโลหะเหล็ก นิกเกิล และโคบอลต์ ลงบนแผ่นทองแดงขนาด 1×1 cm^2 และการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนใช้วิธีการตกสะสมไอเคมีด้วยความร้อน (Thermal Chemical Vapor Deposition, Thermal CVD) ภายใต้บรรยากาศของแก๊สอาร์กอน (Ar) ใช้แก๊สอะเซทิลีน (C_2H_2) เป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอน และใช้สร้างท่อนาโนคาร์บอนบนแผ่นทองแดง ท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้จะนำไปวิเคราะห์ผล เพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะด้วยเครื่องมือกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) เครื่องสเปกโทรสโคปีพลังงานกระจาย (Energy-Dispersive X-ray Microanalyser, EDX) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทะลุผ่าน(Transmission Electron Microscope, TEM) และนำท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้ไปทดสอบการปลดปล่อยอิเล็กตรอน (Field Emission)

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Lee และคณะ (2000)[1] ได้ศึกษาการจัดเรียงตัวของท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์โดยวิธีการตกสะสมไอเคมีด้วยความร้อนบนแผ่นซิลิกอนออกไซด์ที่มีโคบอลต์ และนิกเกิลเป็นโลหะคะตะลิสต์ การสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนทำในบรรยากาศแก๊สอาร์กอน และใช้แก๊สอะเซทิลีนเป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอน ในช่วงอุณหภูมิ 850-900 องศาเซลเซียส พบว่าท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้เป็นแบบผนังหลายชั้นมีการจัดเรียงตัวตั้งฉาก มีความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50-120 นาโนเมตร และมีความยาวของท่อประมาณ 130 นาโนเมตร ท่อนาโนคาร์บอนมีรูปร่างคล้ายต้นไผ่ และเป็นแบบปลายปิดไม่มีคะตะลิสต์อยู่ข้างในท่อนาโนคาร์บอน

Cao และคณะ (2001)[2] ได้ศึกษาการปลดปล่อยอิเล็กตรอนของเส้นใยนาโนคาร์บอนที่เป็นเส้นตรง การสังเคราะห์เส้นใยนาโนคาร์บอนทำบนแผ่นซิลิกอนขนาด 1 cm^2 ในการเตรียมฟิล์มนิกเกิลใช้วิธีการสปัตเตอร์ริงโดยสนามแม่เหล็ก การสังเคราะห์ใช้วิธีการตกสะสมความร้อนของโพรไพลีน ซึ่งใช้นิกเกิลเป็นคะตะลิสต์ สังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ใช้แก๊สไนโตรเจน (N_2) และแก๊สไฮโดรเจน (H_2) อัตราการไหล 100 ml/min เส้นใยนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้มีความเป็นระเบียบและตั้งตรงบนแผ่นซิลิกอน การทดสอบการปลดปล่อยอิเล็กตรอนของเส้นใยนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้ทำการทดสอบที่ความดัน 10^{-7} ทอร์ ความต่างศักย์ที่ใช้ประมาณ 600-1200 โวลต์ สำหรับสนามไฟฟ้า 3 V/μm ได้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 1 mA/cm^2

Lee และคณะ (2002)[3] ได้ศึกษาผลของคะตะลิสต์ที่ใช้สังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยวิธีการตกสะสมไอเคมีด้วยความร้อนบนแผ่นซิลิกอนออกไซด์ ใช้เหล็ก (Fe) นิกเกิล (Ni) และโคบอลต์ (Co) เป็นคะตะลิสต์ การสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนทำในบรรยากาศแก๊สแอมโมเนีย ใช้แก๊สอะเซทิลีน เป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอนในช่วงอุณหภูมิ 750-950 องศาเซลเซียสพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของท่อนาโนคาร์บอนเมื่อใช้นิกเกิลเป็นคะตะลิสต์สูงกว่าโคบอลต์ และเหล็กตามลำดับ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนาโนคาร์บอนที่เกิดจากเหล็กเล็กกว่าโคบอลต์ และนิกเกิลตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงความเป็นระเบียบของโครงสร้างแล้ว ท่อนาโนคาร์บอนที่ใช้เหล็กเป็นคะตะลิสต์มีความเป็นระเบียบของโครงสร้างสูงกว่านิกเกิลและโคบอลต์ จากผลสรุปนี้ทำให้ทราบถึงผลของคะตะลิสต์แต่ละชนิดต่อการเติบโตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความเป็นผลึกของท่อนาโนคาร์บอน

Qin และคณะ (2004)[4] ได้ทำการศึกษาการโตของเส้นใยนาโนคาร์บอนที่หมุนเป็นเกลียวโดยการสังเคราะห์ทำโดยใช้วิธีการตกสะสมของแก๊สอะเซทิลีน โดยใช้อนุภาคของทองแดงขนาด 50 – 80 นาโนเมตร เป็นคะตะลิสต์ ทำการสังเคราะห์เส้นใยนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส จากผล TEM พบว่าเส้นใยนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะหมุนเป็นเกลียว

สองทิศทางซึ่งมีผลึกของทองแดงอยู่ข้างใน ผลึกของทองแดงมีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปหลายเหลี่ยม และรูปกรวย เส้นใยนาโนที่หมุนเป็นเกลียวมีลักษณะตรงข้ามกัน

Sato และคณะ (2005)[5] ได้ปลูกท่อนาโนคาร์บอนจากอนุภาคโลหะคะตะลิสต์สองชนิด คือ ไททาเนียม (Ti) กับโคบอลต์ จากการโดยศึกษาผลของไททาเนียมบนการเติบโตของท่อนาโนคาร์บอน อนุภาคคะตะลิสต์เตรียมโดยใช้เทคนิคการระเหยด้วยแสงเลเซอร์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นาโนเมตร ทำให้ได้ท่อนาโนคาร์บอนชนิดผนังหลายชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 นาโนเมตร ซึ่งสังเคราะห์โดยใช้วิธีการตกสะสมไอเคมีด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 510 และ 610 องศาเซลเซียส ใช้แก๊สอะเซทิลีนเป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอน และแยกประเภทขนาดกับวิเคราะห์ความแตกต่าง ควบคุมขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่าไททาเนียมมีลักษณะสำคัญทำให้การโตของท่อนาโนคาร์บอนชนิดผนังหลายชั้นสูงขึ้นประมาณ 20 % ที่อุณหภูมิ 610 องศาเซลเซียส

Du และ Pan (2005)[6] ได้ปลูกท่อนาโนคาร์บอนด้วยวิธีการตกสะสมไอเคมีบนแผ่นนิกเกิล ทำการปลูกท่อนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ 650, 700, 750 และ 800 องศาเซลเซียส ใช้แก๊สไฮโดรเจน (H_2) และแก๊สเอทิลีน (C_2H_4) ในการทำปฏิกิริยา ศึกษาผลของอุณหภูมิที่เกี่ยวกับการเกิดและการโตของท่อนาโนคาร์บอน พบว่าอุณหภูมิมีผลมากกับการโตของท่อนาโนคาร์บอน

Makris และคณะ (2005)[7] ได้ปลูกท่อนาโนคาร์บอนใช้นิกเกิลเป็นคะตะลิสต์บนก้อนอะลูมินา (Al_2O_3) โดยวิธีการตกสะสมไอเคมีด้วยความร้อน ใช้แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สมีเทน (CH_4) ในการทำปฏิกิริยาควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ 500–800 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยา 30–240 นาที ควบคุมความดันที่ 20-200 มิลลิบาร์ และควบคุมอัตราส่วนของแก๊สไฮโดรเจนต่อแก๊สมีเทนจาก 5/75–30/50 พบว่าที่เวลา 30 นาที อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ความดัน 100 มิลลิบาร์ และอัตราส่วนของแก๊สไฮโดรเจนต่อแก๊สมีเทน 10/70 จะทำให้ได้ท่อนาโนคาร์บอนที่มีความหนาแน่นสูง และปริมาณมาก

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

(1) เพื่อศึกษากระบวนการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยวิธีการตกสะสมไอเคมีด้วยความร้อนบนแผ่นทองแดง

(2) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนสำหรับประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ปลดปล่อยอิเล็กตรอน

1.4 แผนดำเนินการ ขอบเขต และวิธีการวิจัย

(1) ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง

(2) ปลูกโลหะคะตะลิสต์ขนาดนาโนบนฐานรองที่เป็นแผ่นทองแดง โดยใช้เทคนิคการฉาบผิวโลหะด้วยการสปาร์ค

(3) ทดลองสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยใช้กระบวนการตกสะสมไอเคมีด้วยความร้อนโดยใช้แก๊สอะเซทิลีนเป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอน ภายใต้สภาวะบรรยากาศแก๊สอาร์กอนที่อุณหภูมิ 600-800 องศาเซลเซียส พร้อมกับหาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอน

(4) ตรวจสอบรูปร่างสัณฐาน และองค์ประกอบทางเคมีของท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้ด้วยเครื่อง SEM และ EDX

(5) ตรวจสอบความเป็นระเบียบของโครงสร้างท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้ด้วยเครื่อง TEM

(6) ทดสอบการปลดปล่อยอิเล็กตรอน

(7) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา เชิงทฤษฎีและ/หรือเชิงประยุกต์

(1) ทำให้ทราบถึงกระบวนการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยวิธีการตกสะสมไอเคมีด้วยความร้อนบนแผ่นทองแดง

(2) ทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอน โดยวิธีการสะสมไอเคมีด้วยความร้อน

(3) ทำให้ทราบลักษณะ รูปร่าง และขนาดของท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้บนแผ่นทองแดง

(4) ใช้เป็นแนวทางนำไปประยุกต์ใช้เป็นแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนได้