

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีนาโนได้รับความสนใจกันอย่างแพร่หลาย และเป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญอีกอย่างหนึ่งในอนาคต ซึ่งเทคโนโลยีนาโนนี้ เป็นการศึกษาหรือการจัดการในระดับอะตอมและโมเลกุล โดยส่วนมากแล้วเทคโนโลยีนาโนได้พัฒนาและประยุกต์ใช้กับวัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงการออกแบบหรือการประดิษฐ์เพื่อใช้สร้างหรือวิเคราะห์วัสดุในระดับที่เล็กมากในระดับที่น้อยกว่า 1 ไมครอน ที่มีขนาดตั้งแต่ 1 – 100 นาโนเมตร เช่น การจัดอะตอมและโมเลกุลในตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ส่งผลให้โครงสร้างวัสดุหรืออุปกรณ์มีสมบัติพิเศษขึ้นไม่ว่าทางด้านฟิสิกส์ เคมี หรือชีวภาพ และสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ [1] ตัวอย่างของวัสดุนาโน เช่น ลวดนาโน (Nanowires) , นาโนคอมโพสิต (Nanocomposite) , สารเคลือบนาโน (Nanocoating) , ท่อนาโนคาร์บอน (Carbon nanotubes) เป็นต้น

ท่อนาโนคาร์บอน (Carbon nanotubes) เป็นวัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างอะตอมของคาร์บอนมีรูปร่างเป็นท่อ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในระดับนาโนเมตร โดยโครงสร้างแต่ละหน่วยย่อยของผนังประกอบขึ้นจากวงแหวนรูปหกเหลี่ยม คือ จะมีอะตอมของคาร์บอนในแต่ละวงแหวนจำนวนหกอะตอม ท่อนาโนคาร์บอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ได้มากมาย เช่น เป็นขั้วไฟฟ้าทางเคมีและแหล่งจ่ายพลังงานจากการแตกตัวให้แก่สไฮโดรเจน (Electrochemical and gas phase hydrogen storage) , วัสดุผสมท่อนาโนคาร์บอน (Carbon Nanotubes Composite) , อุปกรณ์ป้องกันสนามแม่เหล็ก (Electromagnetic Interference Shielding , EMI) , ตัวเก็บประจุยิ่งยวด (Supercapacitor) , อุปกรณ์เซนเซอร์ (Nanotubes Actuators sensor) , เยื่อเลือกผ่านแลกเปลี่ยนโปรตอน เพื่อเป็นแหล่งพลังงาน (Proton Exchange Membrane (PEM) Fuel Cells) เป็นต้น [2,3]

ท่อนาโนคาร์บอนมีสมบัติที่ดีมากมาย ทั้งสมบัติทางกายภาพ เชิงกล เชิงไฟฟ้า และสมบัติทางความร้อนที่ดี ซึ่งสมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับวิธีการสังเคราะห์ ชนิดของท่อนาโนคาร์บอน เส้นผ่านศูนย์กลาง และลักษณะโครงสร้างของท่อนาโนคาร์บอน สมบัติทั่วไปของท่อนาโนคาร์บอนมีดังต่อไปนี้

1. **สมบัติทางกายภาพ** ความยาวของท่อนาโนคาร์บอนโดยทั่วไปอยู่ในช่วงนาโนเมตร ทำให้ท่อนาโนคาร์บอนมีอัตราความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางสูงมาก ซึ่งเป็นสมบัติที่ดีของวัสดุเสริมแรง หรือการนำท่อนาโนคาร์บอนไปใช้งานบางอย่างได้โดยตรง ท่อนาโนคาร์บอนมีน้ำหนักเบา โดยมีความหนาแน่นเพียง 1.33 – 1.40 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับอะลูมิเนียมที่มีความหนาแน่น 2.7 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ผิวมากถึง 1,250 ตารางเซนติเมตร/กรัม
2. **สมบัติเชิงกล** เนื่องจากโครงสร้างและพันธะของท่อนาโนคาร์บอนคาร์บอนที่ยาว ทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าเพชรและแกรไฟต์ มีค่าความยืดหยุ่น (Young's Modulus) 1 เทระปาสคาล และมีความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) 200 จิกะปาสคาล ซึ่งมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับเหล็กกล้าที่มีค่า 1.5 จิกะปาสคาล มากกว่าเหล็กกล้าประมาณ 100 เท่า และน้ำหนักเบากว่าประมาณ 6 เท่า
3. **สมบัติทางไฟฟ้า** ท่อนาโนคาร์บอนสามารถนำไฟฟ้าได้ดีกว่าตัวนำไฟฟ้าทุกชนิดและมีสมบัติเป็นตัวนำยิ่งยวดในบางสภาวะได้ด้วย ซึ่งท่อนาโนคาร์บอนสามารถนำไฟฟ้าได้ถึง 109 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร ขณะที่ทองแดงมีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด 106 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร นอกจากท่อนาโนคาร์บอนจะมีสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าแล้ว ยังสามารถเป็นสารกึ่งตัวนำเหมือนซิลิกอนได้ด้วย ขึ้นอยู่กับท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้

การสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนมีหลายเทคนิค ซึ่งแต่ละเทคนิคมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน แต่เทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถควบคุมขนาด, ความยาว และการเติบโตของท่อนาโนคาร์บอนได้ คือ เทคนิคการตกสะสมด้วยไอเคมี (Chemical Vapor Deposition, CVD) เป็นการให้ความร้อนไปยังแก๊สไฮโดรคาร์บอนที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอน โดยแก๊สที่นิยมใช้คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), อะเซทิลีน (C₂H₂) เป็นต้น เพื่อสร้างท่อนาโน

คาร์บอน เทคนิคนี้ต้องอาศัยโลหะตัวกระตุ้น (Metal Catalyst) เช่น เหล็ก (Fe) , นิกเกิล (Ni) และ โคบอลต์ (Co) เป็นต้น เป็นตัวช่วยให้เกิดการสร้างท่อนาโนคาร์บอน โดยอุณหภูมิที่เหมาะสม ประมาณ 650 – 900 องศาเซลเซียส เทคนิคนี้สามารถผลิตท่อนาโนคาร์บอนได้เป็นปริมาณมาก และมีความบริสุทธิ์สูง [4]

พลาสมา (Plasma) ในเชิงฟิสิกส์หมายถึง สถานะหนึ่งของสสารนอกเหนือจากสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งสถานะต่างๆ เหล่านี้ถูกนิยามด้วยขนาดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล หรืออะตอมของสสาร ค่าแรงยึดเหนี่ยวในของแข็งจะมีค่ามาก ต่อเมื่อได้รับการกระตุ้นจากพลังงานภายนอก ของแข็งก็สามารถเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวหรือแก๊ส และขณะเดียวกันถ้าของเหลวถูกกระตุ้นจากพลังงานภายนอก ก็สามารถเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สได้ และเมื่อแก๊สถูกกระตุ้นจากพลังงานภายนอกจน ทำให้แก๊สเกิดการแตกตัว (Ionization) แก๊สจะเปลี่ยนสถานะเป็นพลาสมา

ด้วยเหตุนี้จึงนำเทคนิคพลาสมาเข้ามาประยุกต์ใช้ ในการปรับสภาพพื้นผิววัสดุ โดยนำแก๊สที่ต้องการ (Monomer) อาจมีแก๊สเฉื่อย (Inert gas) เป็นตัวนำ (Precursors) เพื่อให้แก๊สเกิดการกระจายตัวอย่างทั่วถึง เข้าไประหว่างขั้วอิเล็กโทรด ซึ่งเป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ความถี่ และความต่างศักย์สูงที่ความดันต่ำหรือที่ความดันบรรยากาศ ที่มีการปรับสภาวะที่เหมาะสม เพื่อให้แก๊สแตกตัวกลายเป็นพลาสมา เกิดเป็นสถานะกระตุ้นของอนุภาค ไอออน อิเล็กตรอน ซึ่งอนุภาคเหล่านี้จะกระตุ้นอยู่ตลอดเวลา มีความไม่เสถียรสูง จากนั้นนำวัสดุที่ต้องการปรับสภาพผิวเข้าไปอยู่ในกระแสพลาสมานั้น อนุภาคต่างๆที่ไม่เสถียรจะเข้าไปจับกับโมเลกุลของผิววัสดุ

กระบวนการทางพลาสมาที่กระทำต่อพื้นผิว สามารถแยกผลของพลาสมาที่ไปกระทำออกเป็น 3 ประการหลักๆ ดังนี้

1. ทำความสะอาดผิว (Cleaning of surface) อนุภาคภายในพลาสมาจะไปทำปฏิกิริยาหรือไปกัดผิว (Etching) ทำให้อนุภาคหรือสิ่งสกปรกที่เกาะอยู่ตามพื้นผิววัสดุหลุดออกไป ซึ่งจะทำให้คุณภาพของผิวสะอาดขึ้น
2. เพิ่มความขรุขระเชิงจุลภาคของพื้นผิว (Micro roughness increasing of surface) อนุภาคภายในพลาสมาสามารถจะไปทำปฏิกิริยาบนผิวของวัสดุ ทำให้เกิดการกระจายของอนุภาคบนพื้นผิววัสดุ

3. เกิดอนุภาคอิสระ (Free particles) จากการทำปฏิกิริยาของพลาสมาไปทำปฏิกิริยากับวัสดุ จะทำให้เกิดอนุภาคอิสระ โดยอนุภาคอิสระนี้สามารถเหนี่ยวนำทำให้เกิดปฏิกิริยาอื่นๆ บน ผิวของวัสดุ [5,6]

ในงานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะปรับปรุงพื้นผิวของซัพสเตรททองแดงที่ใช้ในการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอน ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคพลาสมา เพื่อศึกษาผลของการประยุกต์พลาสมาที่มีผลต่อ ปริมาณและคุณภาพของท่อนาโนคาร์บอน

1.2 แนวคิดในการวิจัย

ปัจจุบันนี้ในวงการวัสดุศาสตร์มีวัสดุตัวหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากคือ ท่อนาโนคาร์บอน (Carbon nanotubes) ซึ่งท่อนาโนคาร์บอนนี้ได้มีการค้นพบในปี 1991 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นชื่อ Iijima [7] เนื่องจากท่อนาโนคาร์บอนมีลักษณะเฉพาะที่ดี ทางด้านสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงเคมี สมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย [8] เช่น วัสดุผสมในชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ทรานซิสเตอร์ ตัวกรองสัญญาณ เป็นต้น [9,10]

ท่อนาโนคาร์บอนเป็นโครงสร้างที่มีขนาดหนึ่งมิติ ที่เกิดขึ้นจากแผ่นแกรไฟต์ ท่อนาโนคาร์บอนมี 2 ชนิดคือ ท่อนาโนคาร์บอนผนังชั้นเดียว (Single-wall nanotubes :SWNTs) กับ ท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้น (Multiple-wall nanotubes : MWNTs) [11] และมีโครงสร้างกระบอกกลวงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 100 นาโนเมตร [12] การสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนมีหลายเทคนิค ซึ่งแต่ละเทคนิคมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันไป ทั้งด้านขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว ปริมาณและความบริสุทธิ์ โดยสามารถแบ่งวิธีการสังเคราะห์หลักๆ ได้ดังนี้ อาร์คดิสชาร์จ (Arc Discharge) [13] , การตกสะสมด้วยไอเคมี (Chemical Vapor Deposition , CVD) [14,15] และ การระเหยด้วยแสงเลเซอร์ (Laser Vaporization) [16,17] ในระหว่างการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนจะมีสิ่งเจือปนในรูปแบบของอนุภาค อัดแน่นของคาร์บอน ดังนั้นจึงต้องใช้เทคนิคที่ช่วยลดสิ่งเจือปนเหล่านี้ อย่างเช่น เทคนิคการตกสะสมด้วยไอเคมี ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถควบคุมการเติบโต ปริมาณของท่อนาโนคาร์บอนได้ และใช้เงินทุนในการสังเคราะห์น้อย

ในงานวิจัยของ Singjai และคณะ [18] ได้ศึกษาการสังเคราะห์ท่อานาโนคาร์บอนโดยเอทานอล (Ethanol) จากการสลายตัวของสารบดเหล็กออกไซด์เคลือบบนแผ่นทองแดง โดยแผ่นทองแดงจะถูกวางบนหลอดในเตาเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส และไอของเอทานอลจะไหลผ่านแผ่นทองแดง 10 มิลลิลิตร/วินาที จากนั้นจึงให้เย็นลงจนอุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิห้อง ท่อานาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 - 50 นาโนเมตร และมีปริมาณคาร์บอนมากที่สุดคือ ร้อยละ 354 โดยน้ำหนัก

ในปี 2001 Lee และคณะ [19] ได้ศึกษาการควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและการเติบโตของท่อานาโนคาร์บอนโดยใช้วิธีการตกตะกอนด้วยไอเคมี พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อานาโนคาร์บอน กับอัตราการเติบโตของท่อานาโนคาร์บอนจะมีความสัมพันธ์ที่ตรงข้ามกัน ต่อมา Singjai และคณะ [20] ได้ศึกษาการสังเคราะห์ท่อานาโนคาร์บอนด้วยวิธีการตกตะกอนไอเคมี โดยใช้เอทานอลเป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอน และใช้นิกเกิลออกไซด์ (Nickel Oxide) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นิกเกิลออกไซด์จะลดลงโดยไอของเอทานอลที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ก่อนการสังเคราะห์ท่อานาโนคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-18 ชั่วโมง ท่อานาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 20 - 50 นาโนเมตร และมีความยาวมากกว่า 10 ไมโครเมตร

จากงานวิจัยของ Han และคณะ [21] ซึ่งได้ศึกษาลักษณะเฉพาะของการเติบโตของท่อานาโนคาร์บอนที่ใช้เทคนิคพลาสมา (Plasma) และการตกตะกอนด้วยไอเคมี โดยใช้นิกเกิลเป็นฐานรอง อุณหภูมิในการสังเคราะห์น้อยกว่า 650 องศาเซลเซียส และใช้อะเซทิลีน (Acetylene) และแอมโมเนีย (Ammonia) เป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอนและตัวเร่งปฏิกิริยา ความหนาแน่นของนิกเกิลจะมากขึ้นขณะที่เวลาในการกักตัวของแอมโมเนียเพิ่มขึ้น เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อานาโนคาร์บอนจะลดลงและความหนาแน่นของท่อานาโนคาร์บอนจะเพิ่มขึ้น ขณะที่เวลาในการกักตัวของแอมโมเนียเพิ่มขึ้น และพบว่าท่อานาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง 30-70 นาโนเมตร การประยุกต์พลาสมาบนผิวของวัสดุจะช่วยในการปรับปรุงสมบัติต่างๆ การประยุกต์พลาสมาเพื่อทำความสะอาด อีกทั้งยังเพิ่มความขรุขระเชิงจุลภาคของพื้นผิว และเกิดอนุภาคอิสระขึ้นซึ่งสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาอื่นๆ บนผิวของวัสดุได้ [22] ซึ่งจะเห็นได้ว่างานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมานั้น มีประเด็นเรื่องการศึกษาเกี่ยวกับ การสังเคราะห์ท่อานาโนคาร์บอน

โดยใช้เทคนิคการตกสะสมด้วยไอเคมี ซึ่งท่อนาโนคาร์บอนเป็นวัสดุที่ได้รับความสนใจในขณะนี้ และเทคนิคดังกล่าว สามารถลดต้นทุนการสังเคราะห์ได้ และสามารถควบคุมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง และการเติบโตของท่อนาโนคาร์บอนได้

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษา การสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยใช้เทคนิคพลาสมา เพื่อปรับปรุงพื้นผิววัสดุก่อนการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยวิธีการตกสะสมไอเคมี และศึกษาลักษณะการเติบโตของท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้ เพื่อพัฒนาวิธีการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.3.1. เพื่อศึกษาผลการปรับสภาพพื้นผิวทองแดงโดยการประยุกต์ใช้พลาสมา ที่มีต่อคุณภาพและ ปริมาณท่อ นาโนคาร์บอนที่เตรียมได้
- 1.3.2. เพื่อศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของท่อนาโนคาร์บอน ที่ใช้เทคนิคการตกสะสมด้วยไอเคมี

1.4 แผนดำเนินการ ขอบเขตและวิธีการวิจัย

- 1.4.1. ค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และวางแผนการวิจัย
- 1.4.2. ปรับปรุงเครื่องมือในการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอน
- 1.4.3. ทำการทดลองปรับสภาพพื้นผิวทองแดง โดยการประยุกต์ใช้พลาสมาความดันต่ำ
- 1.4.4. นำแผ่นทองแดงที่ผ่านการประยุกต์พลาสมา มาทำการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนด้วย เทคนิคการสะสมด้วยไอเคมี
- 1.4.5. วัดปริมาณท่อนาโนคาร์บอนที่เตรียมได้
- 1.4.6. ทดสอบโครงสร้างจุลภาคของท่อนาโนคาร์บอน โดยใช้วิธีการ SEM
- 1.4.7. เปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพของท่อนาโนคาร์บอนที่ได้กับท่อนาโนคาร์บอนที่เตรียมด้วย เทคนิคแบบดั้งเดิม
- 1.4.8. รวบรวมข้อมูล อภิปรายและสรุปผล

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

- 1.5.1. ทำให้ทราบถึงวิธีและกระบวนการของการสังเคราะห์ท่อนานโนคาร์บอนด้วยเทคนิคการตกตะกอนด้วยไอเคมี
- 1.5.2. ทำให้ทราบถึงวิธีการประยุกต์พลาสมาบนพื้นผิววัสดุ
- 1.5.3. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้ เช่น นำไปทำเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์