

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

คาร์บอนเป็นธาตุที่มีความสำคัญและมีประโยชน์อย่างมหาศาลต่อมนุษย์นอกจากจะเป็นองค์ประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิต แล้วคาร์บอนยังเป็นที่รู้จักในแง่ของการเป็นธาตุที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านเกี่ยวกับการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากคาร์บอนพบได้ในหลายอัญรูป (Allotropic forms) ได้แก่ เพชร แกรไฟต์ และล่าสุดได้มีการค้นพบโครงสร้างแบบท่อไรต์เช็บเรียกว่า “ท่อนาโนคาร์บอน” (Carbon nanotubes, CNTs) เมื่อปี พ.ศ. 2534 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นชื่อ สุมิโอะ อิจิมะ (Sumio Iijima) นับตั้งแต่นั้นมานักวิจัยก็ให้ความสนใจศึกษาวิจัยทั้งทางทฤษฎีและการทดลองเนื่องจากคุณสมบัติที่น่าทึ่งทั้งในทางเคมี ทางกลและทางอิเล็กทรอนิกส์ กล่าวคือ ในทางกลพบว่ามีค่าความแข็งแรงมากกว่าเหล็กกล้าร้อยละเท่า ๆ จึงมีงานวิจัยประยุกต์ เช่น การใช้เป็นเส้นใยเสริมความแข็งแรงในวัสดุคอมโพสิตเป็นต้น

ผลการศึกษาคุณสมบัติในทางอิเล็กทรอนิกส์ของท่อนาโนคาร์บอนพบว่ามีการสร้างได้ทั้งแบบสารกึ่งตัวนำ และตัวนำไฟฟ้าซึ่งขึ้นกับแนวการเรียงตัวของอะตอมเทียบกับแกนของท่อ (Chiralities)¹ ดังที่เห็นได้จากตัวอย่างงานวิจัยหลายเรื่อง เช่น การเอาท่อนาโนคาร์บอนทำอิเล็กทรอนิกส์ หรือขั้วไฟฟ้าสำหรับจ่ายอิเล็กทรอนิกส์ในจอภาพแบบแบน² การนำมาสร้างเป็นอุปกรณ์พื้นฐานทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ไดโอด และทรานซิสเตอร์³ เป็นต้น อาจเป็นไปได้ว่าในอนาคตอันใกล้ท่อนาโนคาร์บอนจะนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในซิลิกอนชิพ หรือพวกไอซีต่างๆ เพื่อย่อขนาด เพิ่มความเร็ว และลดปริมาณการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรืออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้แล้วยังมีการวิจัยในเชิงประยุกต์อื่นๆ เช่น การวิจัยโดยเอาท่อนาโนคาร์บอนไปสร้างเป็นอุปกรณ์บรรจุไฮโดรเจนเหลวเพื่อใช้ในเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) ของรถยนต์ไฟฟ้าเป็นต้น

อย่างไรก็ตามปัญหาหรือโจทย์ที่พบและยังเป็นสิ่งท้าทายต่อนักวิจัยในเรื่องของการสังเคราะห์นั้น อยู่ที่วิธีการควบคุมเงื่อนไขต่างๆ เพื่อให้ได้ท่อนาโนคาร์บอนที่มีคุณสมบัติ ขนาด และรูปทรงที่ตรงกับความต้องการของการประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ รวมทั้งขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ (Purification) เพื่อไม่ให้มีสิ่งเจือปนหรือสิ่งอื่นๆ เจือปนเป็นต้น ดังตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ได้แก่

Ting และ Lan (1999)⁴ ได้ทำการทดลองการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนชนิดลูกปัด (Beaded carbon nanotubes, BCNTs) จาก vapor phase process ที่อุณหภูมิ 1,100-1,400 °C และโดยการใช้ ก๊าซมีเทนเป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอนมีเหล็กเป็นตัวคะตะลิสต์ พบว่าท่อนาโนคาร์บอนที่ได้เป็นแบบประดับด้วยเม็ดลูกปัด โดยมีความหนาแน่นของเม็ดลูกปัดขึ้นกับอุณหภูมิ และความเข้มข้นของก๊าซมีเทน

Kim และคณะ (2000)⁵ ได้ทำการทดลองสังเคราะห์ ท่อนาโนคาร์บอนผนังชั้นเดียว (Single – walled carbon nanotubes, SWNTs) และ ท่อนาโนคาร์บอนชนิดหลายชั้น (Multi – walled Carbon nanotubes, MWNTs) โดยวิธีอาร์คดิสชาร์จ (Arc discharge) ภายใต้บรรยากาศของก๊าซฮีเลียมและก๊าซผสมของอาร์กอนและไฮโดรเจน ที่ความดันประมาณ 300 - 400 Torr ความต่างศักย์ 20 V กระแสไฟฟ้า 55 A พบว่าท่อนาโนคาร์บอนที่ได้มีลักษณะผนังหลายชั้น ส่วนท่อนาโนคาร์บอนผนังชั้นเดียวจะเกิดที่ความดันต่ำกว่า คือความดันประมาณ 100 Torr และมีการเติมคะตะลิสต์

Lee และคณะ (2000)⁶ ได้ศึกษาการจัดเรียงตัวของท่อนาโนคาร์บอนที่เกิดจากกระบวนการสะสมไอเคมีด้วยความร้อน (Thermal chemical vapor deposition CVD) บนแผ่นซิลิกอนโดยใช้ก๊าซอะเซทิลีนเป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอน มีเหล็กเป็นโลหะคะตะลิสต์ในช่วงอุณหภูมิ 750 - 950 °C พบว่าท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้เป็นแบบปลายปิด และมีรูปร่างคล้ายต้นไม้

Rohmund และคณะ (2000)⁷ ได้ศึกษาการจัดเรียงตัวของท่อนาโนคาร์บอน ที่เกิดจากกระบวนการสะสมไอเคมีด้วยความร้อนโดยมีเหล็กเป็นคะตะลิสต์ ซึ่งได้จากการแตกตัวด้วยความร้อนของเหล็กเพนตะคาร์บอนิล ($\text{Fe}(\text{CO})_5$) และใช้ก๊าซอะเซทิลีนเป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอนภายใต้บรรยากาศก๊าซอาร์กอน พบว่าท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้มีการจัดเรียงตัวตั้งฉากกับวัสดุฐานรองที่เป็นแผ่นซิลิกอน

Jung และคณะ (2001)⁸ ได้ศึกษาการปลูกท่อนาโนคาร์บอน โดยกระบวนการสะสมไอเคมี โดยให้ก๊าซอะเซทิลีน เป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอนและมีนิกเกิลเป็นโลหะคะตะลิสต์ ภายใต้บรรยากาศก๊าซต่างๆ (N_2 , H_2 , Ar, NH_3 และก๊าซผสมของก๊าซเหล่านี้) พบว่าในบรรยากาศก๊าซ NH_3 มีการจัดเรียงตัวของท่อนาโนคาร์บอนตั้งฉากกับฐานรองที่เป็นแผ่นซิลิกอนดีที่สุด

Ting และ Chen (2001)⁹ ได้ทำการศึกษาการเกิดท่อคาร์บอนโดยกระบวนการสะสมไอเคมีที่อุณหภูมิ 1,000 - 1,200 °C พบทั้งท่อคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 - 175 นาโนเมตร และท่อคาร์บอนชนิดลูกปัด ซึ่งจำนวนเม็ดลูกปัดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิขณะการสังเคราะห์เพิ่มขึ้น และจำนวนเม็ดลูกปัดจะลดลงความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่ใช้เป็นสารตั้งต้นลดลง

Sohn และคณะ (2002)¹⁰ ได้ทำการศึกษากระบวนการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอน ให้จัดเรียงตัวตั้งฉากกับแผ่นซิลิกอน โดยกระบวนการสะสมไอสารเคมีด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 800 °C ใช้ก๊าซอะเซทิลีนเป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอน และใช้เหล็กเป็นโลหะคะตะลิสต์ที่เตรียมด้วยวิธี pulsed laser deposition (PLD)

Feng และคณะ (2003)¹¹ ได้ทำการศึกษานาโนเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาแน่นของท่อนาโนคาร์บอนที่มีผลต่อสมบัติฟิลต์อิมิสชัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยกระบวนการสะสมไอสารเคมีด้วยความร้อนบนแผ่นซิลิกอนที่มีเหล็กเป็น

โลหะคะตะลิสต์ และใช้ก๊าซอะเซทีลีนเป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอน พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาแน่นของท่อขึ้นกับความหนาของฟิล์มคะตะลิสต์

Zhao และคณะ (2004)¹² ได้สังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนผนังชั้นเดียว ที่ได้ปริมาณมาก และมีความบริสุทธิ์สูง โดยวิธีอาร์คดิสชาร์จที่มีการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องสุญญากาศภายใต้บรรยากาศของก๊าซฮีเลียมความดัน 1 Torr พบว่าอุณหภูมิที่ดีที่สุดคือ 600 °C และมีการเติมคะตะลิสต์ หลายตัวคือ เหล็ก นิเกิลและแมกนีเซียมเข้าด้วยกันภายใต้บรรยากาศของฮีเลียมท่อนาโนคาร์บอนผนังชั้นเดียวที่สังเคราะห์ได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 - 20 nm เกิดขึ้นที่ผนังด้านในของห้องสุญญากาศด้วยอัตรา 45.3 กรัม/ชั่วโมง และหลังจากผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์พบว่า มีความบริสุทธิ์มากกว่า 95%

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนด้วยวิธีอาร์คดิสชาร์จที่เหมาะสมกับประเภทของการนำไปประยุกต์ใช้งาน

1.2.2 เพื่อศึกษาองค์ประกอบ ขนาด และลักษณะรูปร่างของท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้

1.2.3 เพื่อผลิตท่อนาโนคาร์บอน หรือวัสดุเส้นใยนาโนสำหรับการวิจัยเชิงประยุกต์

1.2.4 เพื่อพัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

1.2.5 เพื่อเป็นแนวทางในการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนจากวัตถุดิบราคาถูก

1.2.6 เพื่อเป็นแนวทางและหาเงื่อนไขในการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนที่สามารถควบคุมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง ความบริสุทธิ์ และปริมาณได้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1. ได้เทคโนโลยีการผลิตท่อนาโนคาร์บอนที่มีคุณภาพดีและราคาถูก

1.3.2. ได้ท่อนาโนคาร์บอนสำหรับการวิจัยเชิงประยุกต์

1.3.3. ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอน

1.3.4. ได้ผลิตผลงานตีพิมพ์ทางวิชาการระดับนานาชาติที่มี Impact factor สูง

1.3.5. ได้สร้างชื่อเสียงให้กับหน่วยงานต้นสังกัดและหน่วยงานที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย