บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันทั่วโลกมีความตื่นตัวและให้ความสนใจต่อนาโนเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก โดยมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้เพื่อเป็นรากฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีระดับนาโนมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาอุปกรณ์และเทคโนโลยีในอนาคต[1] จึงมีความพยายามที่จะศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ต่างๆเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้มากยิ่งขึ้น

ท่อนาโนคาร์บอนก็เป็นวัสดุนาโนชนิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจมากเนื่องจากมีสมบัติการนำไฟฟ้าได้แบบคล้ายโลหะและสารกึ่งตัวนำ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ในการสร้างเป็นแหล่งกำเนิดลำอิเล็กตรอน โดยการปลูกท่อนาโนคาร์บอนบนลวดfilament ของโลหะทังสเตน[5,7,8] เพื่อให้ท่อนาโนคาร์บอนเป็นตัวให้อิเล็กตรอนแทน ซึ่งท่อนาโนคาร์บอนถูกทำให้อิเล็กตรอนหลุดได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งการปลูกท่อนาโนคาร์บอนบนลวด filament ของโลหะทังสเตนในการวิจัยนี้ใช้เทคนิคการตกสะสมไอเคมี(Chemical Vapor Deposition,CVD)[4,5,7] ซึ่งต้องให้ความร้อนกับลวดและให้ก๊าซอาร์กอน(Ar) และอะซิทิลีน(C_2H_2) ไหลผ่านลวดตลอดเวลา ทั้งนี้ต้องอาศัยอุณหภูมิและอัตราการไหลของก๊าซที่เหมาะสมจึงจะเกิดท่อนาโนคาร์บอนได้

โดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์สามารถบังคับ ให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาจากขั้วคาโทด ได้หลายวิธีเช่น Thermionic Emission, Photocelectric Emission, Field Emission และ Electron Impact Ionization ซึ่งวิธีที่จะนำมาใช้ทดลองเป็นวิธี Thermionic Emission และ Field Emission กล่าวคือทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากท่อนาโนคาร์บอน โดยการทำให้ลวด filament ของโลหะทังสเตนร้อนด้วยการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดในขณะที่ อิเล็กตรอนหลุดออกมาควบคุมโดยการเร่งด้วยสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็กซึ่งเรียกอุปกรณ์ชุดนี้ว่า แหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน[1,5]

ท่อนาโนคาร์บอน (Carbon Nanotubes) ถูกค้นพบโดย Iijima(1991) [2,3] ในกระบวนการอาร์กดิสชาร์จ คือให้ความต่างศักย์คร่อมระหว่างขั้วแกรไฟต์สองแท่งทำให้เกิดประกายไฟหรือเกิดสถานะพลาสมาขึ้นระหว่างแท่งแกรไฟต์นี้ ภายใต้บรรยากาศก๊าซเฉื่อย ตรงบริเวณกลางๆแท่งแกรไฟต์อันที่ต่อให้เป็นขั้วลบจะเกิดท่อนาโนคาร์บอนขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ท่อนาโนคาร์บอนมีลักษณะเหมือนกับแผ่นแกรไฟต์ที่ม้วนเป็นท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 นาโนเมตรจนถึงหลายสิบนาโนเมตร [1]

มีหลายวิธีที่สามารถสร้างและควบคุมการผลิตท่อนาโนคาร์บอนให้ได้ตามความต้องการในระดับหนึ่งได้ เช่น

1. วิธีอาร์กดีสชาร์จ (Arc Discharge) [2,3]
2. วิธีการตกสะสมไอเคมี (Chemical vapour deposition, CVD) [4]
3. วิธีระเหยด้วยแสงเลเซอร์(Laser Vaporisation) [10]
4. วิธีอิเล็กโตรไลซิส(Electrolysis) [11]

ท่อนาโนคาร์บอนสามารถแสดงสมบัติการนำไฟฟ้าได้ทั้งแบบคล้ายโลหะและสารกึ่งตัวนำ อีกทั้งยังอาจจะแสดงสมบัติตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดซึ่งมีความเป็นไปได้ด้วยการเติมสารเจือ (Doping) บางอย่างเข้าไป การประยุกต์ใช้สามารถนำไปประดิษฐ์อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์ ไดโอด และตัวนำยิ่งยวดที่ทำจากท่อนาโนชนิดคาร์บอนผนังชั้นเดียว เนื่องด้วยท่อนาโนชนิดคาร์บอนมีน้ำหนักเบาราคาถูกและมีค่าความยืดหยุ่นสูงไม่แตกหักง่าย [13,14] อีกทั้งยังสามารถหดตัวโค้งงอได้เหมือนสปริงเมื่อออกแรงดึงแล้วเด้งคืนสู่สภาพเดิมได้ จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น เป็นส่วนประกอบในรถยนต์ เครื่องบิน สิ่งปลูกสร้างต่างๆ หรือแม้กระทั่งใช้ทำเสื้อเกราะกันกระสุนเป็นต้น [1]

1.2 แนวคิดในการวิจัย

ในปี 1991 Iijima [2] ได้ค้นพบท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้น (Multiple Walled Nanotubes (MWNTs)) โดยบังเอิญในกระบวนการอาร์กดิสชาร์จ ภายใต้บรรยากาศก๊าซเฉื่อย

ในปี 1993 Iijima [3] และคณะ ได้รายงานว่าถ้าเติมโลหะคะตะลิสต์ (metal catalyst) เช่น เหล็ก นิเกิลและโคบอลต์ ลงในแท่งแกรไฟต์ที่เป็นขั้วบวก จะทำให้เกิดท่อนาโนคาร์บอนผนังชั้นเดียว (Single-Walled Nanotubes (SWNTs)

การค้นพบท่อนาโนคาร์บอนในกระบวนการอาร์กดิสชาร์จเป็นเรื่องบังเอิญ เป็นไปได้ว่าอาจมีวิธีที่สังเคราะห์ท่อนาโนชนิดคาร์บอนในปริมาณมากกว่าวิธี อาร์กดิสชาร์จ

ในปี 1998 Ren [4] ได้ทดลองสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนด้วยวิธี CVD (Chemical Vapor Deposition)ได้เป็นผลสำเร็จซึ่งวิธีนี้สามารถสังเคราะห์ท่อนาโนชนิดคาร์บอนได้ในปริมาณมากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Jangและคณะ[5] ได้ศึกษาการใช้ท่อนาโนคาร์บอนเป็นแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนในหลอดกำเนิดรังสีอิเล็กตรอน โดยใช้กระบวนการตกสะสมไอเคมีที่ความดันต่ำ(Low Pressure Chemical Vapor Deposition,LPCVD.) ปลูกท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้นลงบนฐานรองซิลิกอน(Si) ที่ความดันต่ำกว่า 10^{-3} มม.ปรอท อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียล โดยผ่านก๊าซ ไนโตรเจน(N_2) 180 ลบ.ซม.ต่อนาที(sccm) กับก๊าซไฮโดรเจน(H_2) 20 ลบ.ซม.ต่อนาที ได้ท่อนาโนคาร์บอนที่ได้เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 20-30 นาโนเมตร เมื่อนำท่อนาโนคาร์บอนไปทดสอบพบว่าจะเริ่มเกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอนที่ 2.2 โวลต์ต่อไมโครเมตร และพบว่าความหนาแน่นหนาของกระแสอิเล็กตรอนประมาณ 1 มิลิแอมแปร์ต่อตร.ซม. ที่ 2.9 โวลต์ต่อไมโครเมตร

Heer และคณะ[6] ได้ศึกษาการเปล่งอิเล็กตรอนด้วยสนามไฟฟ้าจากฟิล์มท่อนาโนคาร์บอนเพื่อใช้เป็นแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนที่มีความเข้มสูง ซึ่งประกอบด้วย กริดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1มม.อยู่เหนือฟิล์ม 20 ไมโครเมตร โดยให้ความหนาแน่นของกระแส 0.1 มิลิแอมแปร์ต่อตร.ซม เมื่อให้ความต่างศักย์ไปอย่างต่ำ 200 โวลต์ แล้วจะเพิ่มเป็น 100 มิลิแอมแปร์ต่อตร.ซม. เมื่อให้ความต่างศักย์ไปประมาณ 700 โวลต์ โดยแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนนี้ง่ายต่อการสร้าง ราคาถูก และระบบมีความเสถียร ซึ่งให้ลำอิเล็กตรอนหนาประมาณ 0.2 มม.

Shingaya และคณะ[7] ได้พัฒนาเทคนิคการสร้างท่อนาโนคาร์บอนบนหัววัดทังสเตนเพื่อใช้เป็นหัววัดในเครื่อง Scanning tunneling microscopy โดย ใช้กระบวนการตกสะสมไอเคมี (Chemical vapor deposition,CVD.)ซึ่งในการทดลองควบคุมอุณหภูมิที่ 700 องศาเซลเซียล ผ่านก๊าซอาร์กอน(Ar)ที่ 500 ลบ.ซม.ต่อนาที(sccm) กับ ก๊าซ อะเซทีลีน(C_2H_2)ที่ 2.5 ลบ.ซม.ต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที

Sharmaและคณะ[8] ได้ศึกษาการปลูกท่อนาโนคาร์บอนบนหัววัดทังสเตนโดยใช้กระบวนการแตกสลายด้วยความร้อน(pyrolysis)ของโฟโรซีน(ferrocene)ที่อุณหภูมิ 1370 เคลวิน และผ่านก๊าซอาร์กอน(Ar)1000 ซม.^{3}/นาที(sccm) เมื่อนำหัววัดทังสเตนมาตรวจสอบการเปล่งอิเล็กตรอนพบว่าได้ความหนาแน่นของกระแส 1.5 แอมแปร์ต่อตร.ซม เมื่อให้สนามไฟฟ้าขนาด 290 โวลต์ต่อไมโครเมตร โดยกระแสจะคงที่ภายในเวลามากกว่า 3 ชม. สำหรับค่ากระแสที่เพิ่มขึ้นถึง 500ไมโครแอมแปร์

Bonardและคณะ[9] ได้ศึกษาคุณสมบัติการเปล่งด้วยสนามไฟฟ้าของท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้นในรูปแบบแท่งเดี่ยวและฟิล์ม โดยเปรียบเทียบการเปล่งด้วยสนามไฟฟ้าของท่อนาโนคาร์บอนกับกับแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนชนิดอื่น พบว่าท่อนาโนคาร์บอนใช้ความต่างศักย์ต่ำและให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ความหนาแน่นของกระแสสูง ซึ่งเมื่อทำการให้ศักย์ไฟฟ้าที่คงที่อย่างต่อเนื่อง จะทำให้อายุการใช้การเพิ่มเป็น 100 ชม.

ดังนั้นจึงทำให้เกิดแนวคิดที่ว่าน่าจะสังเคราะห์ท่อนาโนชนิดคาร์บอนได้โดยวิธีกระบวนการตกสะสมไอเคมี(Chemical vapor deposition,CVD) โดยสามารถปลูกท่อนาโนคาร์บอนลงบนไส้หลอดไฟ ซึ่งผลิตจากโลหะทังสเตนเช่นเดียวกัน

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1.เพื่อศึกษาเทคนิคและสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยวิธีเทคนิคการตกสะสมไอเคมี (Chemical Vapor Deposition,CVD)

1.3.2.เพื่อศึกษากระบวนการปลดปล่อยอิเล็กตรอนจากท่อนาโนคาร์บอนที่เกิดบนไส้หลอดทังสเตนด้วยวิธี Field Emission ให้ได้ปริมาณความเข้มของลำอิเล็กตรอนสูงและระบบมีความเสถียร

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยท่อนาโนชนิดคาร์บอน

1.4.2 นำไส้ทังสเตนมาปลูกท่อนาโนคาร์บอนโดยใช้กระบวนการตกสะสมไอเคมี (Chemical Vapor Deposition ,CVD)

1.4.3 ทดลองสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยใช้กระบวนการตกสะสมไอเคมี หาเงื่อนไข และอัตราส่วนของก๊าซที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอน

1.4.4 วิเคราะห์ขนาดและรูปร่างของท่อนาโนคาร์บอน โดยสามารถตรวจสอบรูปร่างและขนาดของท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้ โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ Scanning Electron Microscope (SEM) และ Energy Dispersive Analysis of X-rays (EDX) จากนั้นเปรียบเทียบปริมาณ และลักษณะของผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอน โดยเครื่องมือต่างๆ

1.4.5 ศึกษาการปลดปล่อยอิเล็กตรอนของลวดทังสเตนที่ปลูกท่อนาโนคาร์บอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 จากข้อมูลการทดลอง สามารถวิเคราะห์หาเทคนิคและสภาวะที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยกระบวนการตกสะสมไอเคมี(Chemical Vapor Deposition ,CVD.)

1.5.2 เป็นแนวทางในการวิจัยเพื่อหาวิธีการที่สามารถผลิตท่อนาโนคาร์บอนได้โดยใช้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำ

1.5.3 ทำให้สามารถนำความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเกิดท่อนาโนคาร์บอนบนลวดทังสเตนและการเปล่งอิเล็กตรอนของท่อนาโนคาร์บอนไปประยุกต์ใช้ในอุปการณ์ไฟฟ้าอื่นๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์สุดสูงต่อไป

1.5.4 หากมีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง สามารถพัฒนาวิธีการผลิตให้สามารถผลิตได้จำนวนท่อนาโนคาร์บอนได้ปริมาณสูง เพื่อเป็นวัสดุเสริมความแข็งแกร่งให้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ถ้วยชาม เซรามิก กระจกเสริมแรง และวัสดุกันกระแทก เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved