บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

นาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology) เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในระดับอะตอม โมเลกุล หรือโมเลกุลมหภาค (Macromolecule) ที่มีขนาดเล็กในช่วง 1 ถึง 100 นาโนเมตร การสร้างและการใช้ประโยชน์จากโครงสร้าง อุปกรณ์ หรือระบบต่างๆ ที่มีสมบัติและหน้าที่ใหม่ๆ เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากความเล็กในระดับนาโนของสิ่งนั้นๆ และรวมถึงความสามารถในการควบคุมและจัดการได้อย่างถูกต้องและแม่นยำในระดับอะตอม เนื่องด้วยในปัจจุบันมีความก้าวหน้าและมีความตื่นตัวทางด้านนาโนศาสตร์เป็นอย่างมาก ส่งผลให้เกิดการพัฒนาวัสดุและผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ๆ ขึ้นมา จากการรวบรวมข้อมูลล่าสุดโดย Project on Emerging Nanotechnologies ของสหรัฐอเมริกา ในปี 2008 พบว่า ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่วางขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไปมากกว่า 500 รายการที่ผลิตโดยใช้นาโนเทคโนโลยี โดยมีการจัดกลุ่มสินค้าตามลักษณะการนำไปใช้งานแสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางด้านสุขภาพมีจำนวนมากที่สุด ซึ่งคิดเป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 ของผลสำรวจทั้งหมด นอกเหนือจากสินค้าในกลุ่มสุขภาพแล้ว สินค้าที่มีจำนวนมากในอันดับรองลงมา ได้แก่ สินค้าในกลุ่มอาหารและเครื่องดื่ม รวมทั้งเครื่องใช้ในบ้านและสวน และยังพบสินค้านาโนเทคโนโลยีในเครื่องใช้สำหรับเด็กอีกด้วย สำหรับสินค้าในกลุ่มสุขภาพ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีมาก ได้แก่ ของใช้ส่วนตัว เครื่องสำอาง และเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้แก่ เครื่องกีฬา อุปกรณ์ในการกรอง และครีมกันแดด เป็นต้น

จากสินค้าในท้องตลาดในปัจจุบันที่อ้างถึงข้อดีของความเป็นนาโนหรือมีส่วนประกอบของวัสดุที่ผลิตจากนาโนเทคโนโลยี ซึ่งได้ถูกใช้เป็นเครื่องมือในการดึงดูดความสนใจให้กับผู้อุปโภคได้เป็นอย่างดี ตัวอย่างสินค้านาโน (องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ 2003) ได้แก่ 1.นาโนแวกซ์ เป็นสารโพลิเมอร์ ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในพื้นของสกีและสโนว์บอร์ด ทำให้เกิดพื้นผิวที่แข็งและลื่นไถลอย่างรวดเร็ว 2.ครีมทาผิวที่ซึมซาบลงลึก (Deep-Penetrating Skin Cream) 3.แว่นกันแดดทรงประสิทธิภาพ (Performance Sunglasses) ซึ่งใช้นาโนเทคโนโลยีในการผลิตสารประกอบชนิดบาง

เฉียบที่ใช้เคลือบเพื่อป้องกันและป้องกันแสงสะท้อนสำหรับแว่น 4.สารป้องกันแสงแดด Nanocrystalline (Nanocrystalline Sunscreen) 5.ไม้ตีเทนนิสและลูกเทนนิสที่ใช้เทคโนโลยีชั้นสูง (High-Tech Tennis Rackets and Tennis Balls) ใช้นาโนเทคโนโลยีทำให้ไม้เทนนิสมีความแข็งแรง เนื่องจากทำด้วยคาร์บอนแบบท่อนาโน (Carbon Nanotubes) เพิ่มความมั่นคงของสมดุล ณ จุดกระทบ มีคุณสมบัติในการรองรับแรงบิดเพิ่มขึ้นและทนทานต่อการโค้งงอมากขึ้นส่วนลูกเทนนิสที่ถูกเคลือบผิวของแกนลูกเทนนิสด้วยวัสดุนาโนจะมีอายุการใช้งานนานขึ้นถึง 4 สัปดาห์ เป็นต้น ซึ่งจากตัวอย่างที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่านาโนเทคโนโลยีทำให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้สอยและสามารถเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจได้

การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีสามารถทำได้หลายๆ ด้านด้วยกัน (Corbett *et al.*, 2000) ไม่ว่าจะเป็นทางด้านวัสดุศาสตร์ (Materials) ทางด้านการแพทย์ (Bio-medical Applications) ทางด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ (Automotive Applications) ทางด้านฟิล์มบาง (Thin Films) และการประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ อีกมากมาย

ทางด้านวัสดุศาสตร์ (Materials) เช่น เพิ่มความแข็ง ความนำไฟฟ้า ความเป็นแม่เหล็ก เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มความสามารถในการดูดซับหรือใช้เป็นวัสดุทางอิเล็กทรอนิคประสิทธิภาพสูง เป็นต้น

ทางด้านการแพทย์ (Bio-medical Applications) โดยการพัฒนาเทคโนโลยีวิศวกรรมขนาดจุลภาค และขนาดนาโน ซึ่งมีข้อดีในการประยุกต์ใช้งานทางด้านการแพทย์ ตัวอย่างเช่น การผ่าตัดโดยใช้เครื่องมือขนาดเล็ก และใช้กล้องถ่ายภาพขนาดเล็กที่มีประสิทธิภาพสูงในการถ่ายภาพเนื้อเยื่อที่ทำการผ่าตัด หรือใช้เซ็นเซอร์ขนาดนาโนในการตรวจวัดคุณลักษณะทางเคมีของเลือดผู้ป่วย หรือวิธีการให้ยาที่มีประสิทธิภาพและตรงจุดเป้าหมาย โดยใช้นาโนเทคโนโลยีที่เรียกกันว่า Drug Delivery เป็นต้น

ทางด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ (Automotive Applications) การใช้นาโนเทคโนโลยีทางด้านยานยนต์ช่วยลดค่าใช้จ่าย เพิ่มประสิทธิภาพและช่วยเพิ่มความปลอดภัยได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่น เซ็นเซอร์ความดัน ตัวควบคุมการไหลของอากาศ เซ็นเซอร์ควบคุมเครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถช่วยประหยัดปริมาณการใช้น้ำมันของเครื่องยนต์ได้ หรือเทคโนโลยีของถุงลมนิรภัยซึ่ง

สามารถเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ขับขี่และผู้โดยสารไม่เพียงแต่จากการชนแต่ยังสามารถลดการบาดเจ็บจากการกระแทกของถุงลมนิรภัยได้อีกด้วย

ทางด้านฟิล์มบาง (Thin Films) ซึ่งมีความหนาเพียง 1- 5 นาโนเมตร ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น ชั้นของฟิล์มบางที่ถูกประกอบเข้ากับสารกึ่งนำไฟฟ้า (Semiconductor) สามารถก่อให้เกิดอิเล็กตรอนได้เมื่อมีพลังงานมากระตุ้น (แสงอาทิตย์) ซึ่งมีการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์โซลาร์เซล (Solar Cell) หรือฟิล์มบางของสารกึ่งนำไฟฟ้าสามารถมีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ในกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส (Photocatalysis) โดยมีพลังงานแสงเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดคู่ของอิเล็กตรอน (e^-) และที่ว่างของอิเล็กตรอน (Hole, h^+) ซึ่งสามารถใช้ในการทำปฏิกิริยากับสารมลพิษต่างๆ ที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอนหรือเป็นตัวรับอิเล็กตรอนได้ เป็นต้น

เมื่อกล่าวถึงกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส (Photocatalysis) ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีออกซิเดชันเทคโนโลยีขั้นสูง (Advance Oxidation Technologies) สามารถใช้ในการกำจัดสารมลพิษออกจากสิ่งแวดล้อมได้ทั้งมลพิษทางน้ำและมลพิษทางอากาศ ซึ่งกระบวนการโฟโตคะตะไลซิสนี้จำเป็นต้องมีส่วนประกอบที่สำคัญสองส่วนด้วยกัน ส่วนแรกคือพลังงานแสง (Photon) ซึ่งต้องมีพลังงานมากพอที่จะกระตุ้นให้ตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมา และส่วนที่สองคือตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ซึ่งจะเป็นสารกึ่งนำไฟฟ้า (Semiconductor) ที่สามารถให้อิเล็กตรอนออกมาได้เมื่อมีพลังงานมากระตุ้น ตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้ (Linsebigler 1995, Rajeshwar and Ibanez 1995) ได้แก่ ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ทังสเตนไตรออกไซด์ (WO_3) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) และแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) เป็นต้น ซึ่งไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้กันมากในปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส เนื่องจากมีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งงานวิจัยทางด้านโฟโตคะตะไลซิสจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในหลายๆ รูปแบบด้วยกัน ในยุคแรกๆ ของงานวิจัยจะใช้ในรูปแบบผง (Powder) ซึ่งมีข้อเสียคือ ผงอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยานี้เองเป็นตัวบดบังการเข้าถึงของพลังงานแสงที่จะทำปฏิกิริยาให้เกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมา จึงทำให้การกระตุ้นโดยพลังงานแสงได้ไม่เต็มที่ทำให้จำนวนอิเล็กตรอนที่ได้น้อยกว่าที่ควรจะเป็น และมีความยุ่งยากในการแยกผงตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากน้ำหลังจากการบำบัดแล้ว (Yu *et al.* 2003) ต่อมานักวิจัยได้คิดวิธีเพื่อลดปัญหาดังกล่าวโดยทำการตรึง (Immobilized) ตัวเร่งปฏิกิริยาในรูปผง (Powder) หรือเจล (Gel) บนตัวกลาง ทำให้เป็นฟิล์มบาง (Thin Films) จะช่วยลดปัญหาข้างต้นได้ และในปัจจุบัน

นักวิจัยสามารถสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาในขนาดนาโนให้มีลักษณะเป็น 1 มิติ (One-Dimensional, 1D) ได้ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในระดับนาโนเมตรแต่มีความยาวอยู่ในระดับไมโครเมตรหรือมิลลิเมตรเช่น ลวดนาโน (Nanowires) และท่อนาโน (Nanotubes) เป็นต้น ซึ่งมีข้อดีคืออิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็วในลวดนาโนหรือท่อนาโน ทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาลักษณะนี้เมื่อถูกกระตุ้นโดยพลังงานที่มากเพียงพอจะทำให้เกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมาได้รวดเร็วและดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาในรูปแบบผงและแบบตรึงบนตัวกลาง ทำให้นักวิจัยสามารถใช้ประโยชน์จากอิเล็กตรอนที่ถูกปลดปล่อยออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า งานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา (ไทเทเนียมไดออกไซด์) ให้มีลักษณะเป็น 1 มิติ เป็นไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโน โดยใช้วิธีแอโนไดเซชัน (Anodization) เป็นการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาโดยมีพื้นที่ใช้งานที่เล็กมาก เช่น 1 - 5 ตารางเซนติเมตร (Watcharenwong *et al.* 2007, Chanmanee *et al.* 2007, Hahn *et al.* 2007, Kaneco *et al.* 2007, Raja *et al.* 2007, Ghicov *et al.* 2006, Bayoumi and Ateya 2006, de Tacconi *et al.* 2006, Macak *et al.* 2005, Zhao *et al.* 2005, and Ghicov *et al.* 2005) เพื่อทดสอบคุณสมบัติต่างๆ และใช้ทดลองปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสสำหรับการทดลองขนาดเล็กเท่านั้น ซึ่งการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโนให้มีพื้นที่ใช้งานมากขึ้นกว่าเดิมนั้น จะมีปัญหาคือความไม่สม่ำเสมอของพื้นผิวไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโน ซึ่งเกิดจากจุดเชื่อมต่อที่ให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าด้านหลังของแผ่นไทเทเนียม (Working Electrode) เพียงจุดเดียวเล็กๆ ทำให้เกิดการฟอร์มเป็นออกไซด์ของไทเทเนียมกระจายไปได้ในรัศมีเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของ Counter Electrode (Pt) ที่ต้องมีเพียงพอกับพื้นที่ของแผ่นไทเทเนียม และตำแหน่งการวางของ Counter Electrode จะต้องเหมาะสมอีกด้วย ในการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโนโดยใช้วิธีแอโนไดเซชัน ในแต่ละครั้งจะใช้เวลาเป็นชั่วโมงหรือหลายๆ ชั่วโมง ดังนั้นถ้าเราสามารถผลิตไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโนให้ได้ขนาดที่ใหญ่ขึ้นในเวลาเท่าเดิมจะช่วยลดระยะเวลาและพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาวิธีการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโนให้มีพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้น โดยใช้วิธีแอโนไดเซชัน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานต่อไป นอกจากวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้นแล้ว งานวิจัยนี้ยังมุ่งเน้นที่จะศึกษาการทดลองบำบัดมลพิษอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโนที่ได้พัฒนาขึ้นอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโนให้มีพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้น โดยใช้วิธีแอโนไดเซชัน

1.2.2 เพื่อศึกษาการบำบัดมลพิษอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้ฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโนที่ได้พัฒนาขึ้น (โดยมีเป้าหมายคือได้ค่าจลนพลศาสตร์ของการย่อยสลายก๊าซมลพิษชนิดต่างๆ)

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 การขยายพื้นที่ตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโน โดยสังเคราะห์ด้วยวิธีแอโนไดเซชัน

1.3.2 ตัวแทนมลพิษอากาศที่ใช้ทดสอบการบำบัดโดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโนในปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการขยายแนวทางในการบำบัดมลพิษให้มีความหลากหลายโดยนำนาโนเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับการบำบัดอากาศ ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส ซึ่งเป็นการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีแอโนไดเซชัน เพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสมาบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป

1.5.2 ทำให้ได้วิธีการขยายพื้นที่ของไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโน เพื่อใช้ในการทดลองศึกษาการบำบัดก๊าซมลพิษ

1.5.3 สามารถใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโนที่ถูกพัฒนาขึ้นในการประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ

1.5.4 ทราบถึงค่าจลนพลศาสตร์ของการบำบัดก๊าซมลพิษโดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโนในปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส