

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

เส้นใยนาโนโฟโตคะตะลิสจากอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีออกไซด์ของโลหะเป็น
การอนินทรีย์และกรรมวิธีการเตรียมเส้นใยดังกล่าว

5 สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

เคมีในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเส้นใยนาโนโฟโตคะตะลิสจากอนุภาคนาโนไทเทเนียม
ไดออกไซด์ที่มีออกไซด์ของโลหะเป็นการอนินทรีย์และกรรมวิธีการเตรียมเส้นใยดังกล่าว

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

- มลพิษทางสิ่งแวดล้อมก่อให้เกิดต้นทุนทางการแพทย์ สาธารณสุขและสังคม การจัดการ
10 สิ่งแวดล้อมและการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อช่วยกำจัดสารมลพิษในสภาพแวดล้อมเป็นสิ่งจำเป็นยิ่งใน
ปัจจุบัน สำหรับเทคโนโลยีที่ใช้ในการกำจัดสารมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่น่าสนใจอย่างหนึ่งคือ การ
กำจัดสารมลพิษทางอากาศโดยการเร่งปฏิกิริยาดำเนินการด้วยแสงหรือโฟโตคะตะลิส (Photocatalysis)
สำหรับปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิส (Photocatalysis) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการใช้แสงและตัวเร่ง
ปฏิกิริยาหรือคะตะลิส (Catalyst) เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา โดยเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นกับ
15 อะตอมหรือโมเลกุลที่ถูกฉายด้วยแสงในช่วงความยาวคลื่นที่มีพลังงานมากกว่าหรือเท่ากับค่าแบน
แกพ (Band Gap) ของตัวเร่งปฏิกิริยา จึงจะทำให้เกิดกระบวนการโฟโตคะตะลิส
(Photocatalysis) ขึ้น นอกจากนี้การใช้แสงกระตุ้นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้วัสดุนั้น สามารถให้กำเนิด
อิเล็กตรอนและโฮล (Electron and Hole) ซึ่งสามารถเริ่มปฏิกิริยารีดักชันและออกซิเดชัน
(Reduction and oxidation) กับสารอินทรีย์และสาร อนินทรีย์ได้ ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถนำไป
20 ประยุกต์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้หลากหลายชนิดแบบไม่เฉพาะเจาะจง

- เนื่องจากการย่อยสลายดังกล่าวเกิดได้ทั้งภายใต้สภาวะของเหลวและก๊าซ ทำให้ตัวเร่ง
ปฏิกิริยาดำเนินการด้วยแสงจึงมีบทบาทสำคัญในด้านต่างๆ มากมาย รวมถึงการบำบัดมลพิษทั้งในน้ำและ
อากาศด้วย โดยเทคโนโลยีดังกล่าวมีจุดแข็งคือ ความมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์
และทำลายจุลินทรีย์ซึ่งเป็นพาหะของโรคต่างๆ มีคุณสมบัติการทำความสะอาดตัวเอง อีกทั้งมีราคาถูก
25 และมีต้นทุนในการบำรุงรักษาที่ต่ำ

- ข้อจำกัดอย่างหนึ่งในการประยุกต์ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาดำเนินการด้วยแสงเพื่อการบำบัดมลพิษขึ้นอยู่กับ
โครงสร้างทางกายภาพหรือรูปร่างของตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งโดยมากมีขนาดในระดับนาโน กล่าวคือ
ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบทรงกลมหรืออนุภาคในระดับนาโน (Nanoparticles) มักมีพื้นที่ผิวที่สูงแต่ก็มี
ปัญหาในเรื่องกระบวนการแยก ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบฟิล์มบางมีข้อดีในเรื่องความสะดวกของ
30 กระบวนการแยกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่แต่มีพื้นที่ผิวเพื่อการเกิดปฏิกิริยาที่ต่ำ สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยา

แบบนาโนไฟเบอร์นั้นนอกจากจะมีพื้นที่ผิวที่สูงแล้วยังมีข้อดีในเรื่องความสะดวกของกระบวนการแยกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่เช่นกัน นอกจากนั้นแล้วตัวเร่งปฏิกิริยาแบบนาโนไฟเบอร์มักไม่พบปัญหาเรื่องการรวมตัวกัน (Agglomeration) ซึ่งเป็นปัญหาที่ค่อนข้างพบบ่อยในตัวเร่งปฏิกิริยาแบบทรงกลมหรือพาคีเคิลในระดับนาโน (Nanoparticles)

5 นอกจากนั้นแล้วบ่อยครั้งพบว่าในกระบวนการสังเคราะห์ขึ้นรูปวัสดุนาโน มีการใช้กระบวนการที่มีต้นทุนสูงและไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเช่นการใช้ระบบสุญญากาศและระบบที่ใช้ความร้อนสูงเป็นต้น นำมาซึ่งการเพิ่มขั้นตอนที่ยุ่งยาก ต้นทุนที่สูงและเวลาในการผลิตที่ยาวนานขึ้น ปัจจุบันกล่าวส่งผลต้นทุนการผลิต การจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างมาก

ทั้งนี้การประยุกต์ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงเพื่อการบำบัดมลพิษทางน้ำและอากาศมี
 10 ข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่งคือโดยมากแล้วตัวเร่งปฏิกิริยาหรือคะตะลิส (Catalyst) ที่มีอยู่มีความจำเป็นต้องใช้พลังงานจากช่วงแสงที่แคบ ทำให้การประยุกต์ใช้อยู่ในขอบเขตจำกัด การประดิษฐ์ที่ทำให้เกิดวัสดุที่สามารถถูกกระตุ้นด้วยแสงในช่วงที่กว้างจะทำให้เกิดการใช้ประโยชน์ที่หลากหลายมากขึ้น กล่าวคือวัสดุที่สามารถถูกกระตุ้นด้วยแสงในช่วงของแสงแดดจากธรรมชาติซึ่งมีทั้งแสงยูวีและแสงเปล่า (UV and visible light) มีความต้องการมากไปกว่านั้น เนื่องจากประสิทธิภาพของวัสดุนาโนขึ้นอยู่กับการประกอบทางเคมีและกายภาพของวัสดุเหล่านั้น ในเรื่องของปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิส (Photocatalysis) โดยใช้สารกลุ่มอนินทรีย์ (Metal oxide) นั้น โครงสร้างและองค์ประกอบด้าน
 15 ของผลึก (Crystal structure compositions) มีความสำคัญ และสำหรับปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิส (Photocatalysis) ที่ใช้ไทเทเนียมออกไซด์ (Titanium oxide based photocatalyst) นั้น ส่วนประกอบที่เป็นผลึกแอนนาเทสและรูไทล์มีความสำคัญต่อคุณสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นจึง
 20 จำเป็นต้องทำการออกแบบวัสดุให้มีองค์ประกอบที่เหมาะสมของผลึกทั้งสองแบบ

จากการสืบค้นจากฐานข้อมูลสิทธิบัตรและวารสารทางวิชาการไม่พบว่ามีงานประดิษฐ์ใดที่
 เหมือนกับการประดิษฐ์ที่กำลังขอการคุ้มครองสิทธิฉบับนี้ ดังแสดงในรายละเอียดต่อไปนี้

สิทธิบัตรประเทศญี่ปุ่น Japanese Patent JP2009160566 Tungsten oxide
 photocatalyst เกี่ยวข้องกับกระบวนการเตรียมทั้งสแตนด์ออกไซด์ที่มีแพลททินัม (Platinum) เกาะอยู่
 25 บนพื้นผิวโดยสารตั้งต้นคือทั้งสแตนด์ออกไซด์นาโน กระบวนการที่ใช้คือกระบวนการรีดักชันด้วยแสง
 ในช่วงวิสิเบิล (Photoreduction with Visible Light) ผลที่ได้คือทั้งสแตนด์ออกไซด์ที่มีแพลททินัม
 (Platinum) เกาะอยู่บนพื้นผิวโดยมีขนาด 3-20 นาโนเมตรและมีอัตราส่วนปริมาณต่อทั้งสแตนด์
 ออกไซด์อยู่ในช่วง 0.03-0.5 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากการประดิษฐ์ที่กำลังขอการคุ้มครองสิทธิฉบับนี้
 ซึ่งสารตั้งต้นคือ อนุภาคนาโนไทเทเนียมออกไซด์ (Titanium oxide nanoparticles) เกลือของ
 30 ทั้งสแตนด์ (Tungstate salts) ซึ่งตัวทำละลายเลือกได้จากเอทานอล น้ำ และไดเมทิลฟอร์มาไมด์
 (DMF) และพอลิเมอร์เลือกได้จากพอลิไวนิลไพร์โรลิโดน (Polyvinylpyrrolidone) หรือพอลิเอทิลีนอ

ออกไซด์ หรือพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ กระบวนการที่ใช้คือกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิ่งจากสารละลายและผลที่ได้คือตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงที่สามารถทำงานในช่วงแสงวิซิเบิลและแสงยูวี (Visible and UV Light Active Photocatalyst) ที่ประกอบด้วยอนุภาคนาโนไทเทเนียมออกไซด์ (Titanium oxide nanoparticles) ที่มีลักษณะผลึกแบบจำเพาะ (Specific crystals) และทังสเตนออกไซด์ ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นใยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในระดับนาโนเส้นใยที่มีความยาวแบบต่อเนื่อง

เอกสารวิชาการ Journal of Colloid and Interface Science 356 (2011) 54-57 Synthesis and gas-sensing characteristics of WO₃ nanofibers via eletrospinning เกี่ยวข้องกับกระบวนการเตรียมทังสเตนออกไซด์ที่มีลักษณะเป็นเส้นใย โดยสารตั้งต้นคือทังสเตนคลอไรด์ พอลิไวนิลไพโรลิโดล ไดเมทิลฟอร์มาไมด์ น้ำและเอทานอล ใช้เวลาในการเตรียมสารละลายสำหรับการฉีด 5 ชั่วโมง กระบวนการที่ใช้คือกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิ่งจากสารละลายและการให้ความร้อน ผลที่ได้คือเส้นใยที่มีความยาวแบบต่อเนื่องความกว้างโดยเฉลี่ย 200 นาโนเมตร แตกต่างจากการประดิษฐ์ที่กำลังขอการคุ้มครองสิทธิฉบับนี้ซึ่งสารตั้งต้นคือ อนุภาคนาโนไทเทเนียมออกไซด์ (Titanium oxide nanoparticles) เกลือของทังสเตน (Tungstate salts) ซึ่งตัวทำละลายเลือกได้จากเอทานอล น้ำ และไดเมทิลฟอร์มาไมด์ (DMF) และพอลิเมอร์เลือกได้จากพอลิไวนิลไพโรลิโดล (Polyvinylpyrrolidone) หรือพอลิเอทิลีนออกไซด์ หรือพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ กระบวนการที่ใช้คือกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิ่งจากสารละลายและผลที่ได้คือตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงที่สามารถทำงานในช่วงแสงวิซิเบิลและแสงยูวี (Visible and UV Light Active Photocatalyst) ที่ประกอบด้วยอนุภาคนาโนไทเทเนียมออกไซด์ (Titanium oxide nanoparticles) ที่มีลักษณะผลึกแบบจำเพาะ (Specific crystals) และทังสเตนออกไซด์ ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นใยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในระดับนาโนเส้นใยที่มีความยาวแบบต่อเนื่อง

เอกสารวิชาการ Materials Letters 65 (2011) 2823-2825 Synthesis of mesoporous tungsten oxide nanofibers using the electrospinning method เกี่ยวข้องกับกระบวนการเตรียมทังสเตนออกไซด์ที่มีลักษณะเป็นเส้นใย โดยสารตั้งต้นคือทังสเตนเฮกซะออกไซด์ (W(OC₂H₅)₆) พอลิไวนิลไพโรลิโดล (Polyvinylpyrrolidone, PVP) พลูรอนิก (Pluronic) และเอทานอล กระบวนการที่ใช้คือกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิ่งจากสารละลายและการให้ความร้อน ผลที่ได้คือเส้นใยที่มีความยาวแบบต่อเนื่องความกว้างโดยเฉลี่ย 60-70 นาโนเมตร แตกต่างจากการประดิษฐ์ที่กำลังขอการคุ้มครองสิทธิฉบับนี้ซึ่งสารตั้งต้นคือ อนุภาคนาโนไทเทเนียมออกไซด์ (Titanium oxide nanoparticles) เกลือของทังสเตน (Tungstate salts) ซึ่งตัวทำละลายเลือกได้จากเอทานอล น้ำ และไดเมทิลฟอร์มาไมด์ (DMF) และพอลิเมอร์เลือกได้จากพอลิไวนิลไพโรลิโดล (Polyvinylpyrrolidone) หรือพอลิเอทิลีนออกไซด์ หรือพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ กระบวนการที่ใช้คือกระบวนการอิเล็กโตร

สปีนนิ่งจากสารละลายและผลที่ได้คือตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงที่สามารถทำงานในช่วงแสงวิซิเบิลและแสงยูวี (Visible and UV Light Active Photocatalyst) ที่ประกอบด้วยอนุภาคนาโนไทเทเนียมออกไซด์ (Titanium oxide nanoparticles) ที่มีลักษณะผลึกแบบจำเพาะ (Specific crystals) และทังสเตนออกไซด์ ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นใยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในระดับนาโนเส้นใยที่มีความยาวแบบต่อเนื่อง

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้เป็นการพัฒนาเส้นใยนาโนไฟโตคะตะลิสต์จากอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีออกไซด์ของโลหะเป็นกาวอนินทรีย์ ซึ่งเส้นใยดังกล่าวนี้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงที่สามารถทำงานในช่วงแสงวิซิเบิลและแสงยูวี (Visible and UV Light Active Photocatalyst) โดยสังเคราะห์ได้จากอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีส่วนประกอบของผลึกแอนาเทสและรูไทล์ (Anatase and Rutile) ซึ่งมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีออกไซด์ของโลหะ (Metal oxide) เช่นทังสเตนออกไซด์ช่วยเป็นกาวอนินทรีย์ (Inorganic binder) ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นใยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในระดับนาโนด้วยการกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิ่ง ที่ใช้สารละลายที่มีองค์ประกอบทางเคมีเฉพาะเป็นสารตั้งต้นในการขึ้นรูป

จุดมุ่งหมายของการประดิษฐ์คือการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงที่สามารถทำงานในช่วงแสงวิซิเบิลและแสงยูวีที่ประกอบด้วยอนุภาคนาโนไทเทเนียมออกไซด์ที่มีลักษณะผลึกแบบจำเพาะ และมีทังสเตนออกไซด์เป็นกาวอนินทรีย์ โดยมีโครงสร้างเป็นเส้นใยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในระดับนาโน ซึ่งได้จากการบวนการขึ้นรูปที่ใช้สารละลาย (Solution-based processing) โดยขนาดที่เป็นนาโนทำให้วัสดุดังกล่าวมีพื้นที่ผิวที่สูง โครงสร้างที่เป็นเส้นใยทำให้วัสดุดังกล่าวไม่เกาะกลุ่มและรวมตัวกันเอง (Agglomeration) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อลดพื้นที่ผิวและมักพบมากในกลุ่มวัสดุนาโนที่มีลักษณะเป็นทรงกลม กระบวนการขึ้นรูปจากสารละลาย (Solution-based processing) โดยเทคนิคสปีนนิ่งทั้งแบบใช้เข็ม (Needle-based electrospinning) และแบบไม่ใช้เข็ม เช่น นาโนสไปเดอร์ (Nanospider electrospinning) หรือการปั่นเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Forced/Centrifuge Spinning) จะทำให้การจัดการทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมสำหรับกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมมีขั้นตอนที่น้อย ต้นทุนที่ต่ำและเวลาในการผลิตที่สั้น ดังนั้นวัสดุตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงดังกล่าวจะสามารถนำไปใช้งานในสถานะต่างๆ ที่มีแสงแดดจากธรรมชาติได้ ซึ่งมีข้อดีทั้งในเรื่องของต้นทุนและสิ่งแวดล้อม

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แสดงลักษณะของอนุภาคนาโนไทเทเนียมที่ใช้ในการขึ้นรูปเส้นใยนาโน

รูปที่ 2 การวิเคราะห์เส้นใยด้วยเอสอีเอ็ม (SEM) ของเส้นใยที่ได้จากกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง สารละลายที่มีองค์ประกอบของอนุภาคนาโนไทเทเนียม พอลิเมอร์และตัวทำละลาย ก. ก่อน การเผา ข. หลังการเผา

5 **รูปที่ 3** การวิเคราะห์เส้นใยด้วยเอสอีเอ็ม (SEM) ของเส้นใยที่ได้จากกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง สารละลายที่มีองค์ประกอบของอนุภาคนาโนไทเทเนียม แอมโมเนียมทั้งสเตรท พอลิเมอร์และ ตัวทำละลาย ก. ก่อนการเผา ข. หลังการเผา

10 **รูปที่ 4** การวิเคราะห์ด้วยเอสอีเอ็ม (SEM) ของเส้นใยที่ได้จากกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง สารละลายที่มีองค์ประกอบของอนุภาคนาโนไทเทเนียม แอมโมเนียมทั้งสเตรท พอลิเมอร์และ ตัวทำละลาย หลังการเผา รวมถึงภาพโมเดลของเส้นใยนาโนที่ได้ ก. การวิเคราะห์ธาตุรวม ด้วยเอสอีเอ็มอีดีเอส (SEM EDS) ข. การวิเคราะห์ธาตุไทเทเนียม (Titanium, Ti) ด้วย เอสอีเอ็ม (SEM Elemental Mapping) ค. การวิเคราะห์ธาตุทังสเตน (Tungsten, W) ด้วย เอสอีเอ็ม (SEM Elemental Mapping) ง. ภาพโมเดลของเส้นใยนาโนซึ่งแสดงถึงเส้นใย นาโนอันประกอบจากอนุภาคนาโนไทเทเนียมออกไซด์และกาวอนินทรีย์ทังสเตนออกไซด์

15 **รูปที่ 5** แสดงการย่อยสลายของเมทิลลีนบลูภายใต้แสงยูวีโดยใช้เส้นใยที่มีองค์ประกอบของ อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์และทังสเตนออกไซด์ ก. เส้นใยนาโนไทเทเนียมจาก กระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงจากองค์ประกอบทั่วไป ข. เส้นใยนาโนไทเทเนียมจาก กระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงจากองค์ประกอบเฉพาะในการประดิษฐ์นี้

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

20 การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเส้นใยนาโนไฟโตคะตะลิสจากอนุภาคนาโนไทเทเนียม ไดออกไซด์มีออกไซด์ของโลหะเป็นกาวอนินทรีย์ ที่มีลักษณะเป็นเส้นใยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50-500 นาโนเมตร โดยมีอนุภาคของไทเทเนียมออกไซด์และทังสเตนออกไซด์กระจายอยู่บนพื้นผิว ของเส้นใย โดยสัดส่วนระหว่างไทเทเนียมออกไซด์ต่อทังสเตนออกไซด์เท่ากับ 20-80 ต่อ 20-80 และ อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ดังกล่าวมีสัดส่วนของผลึกแอนนาเทสและผลึกรูไทล์ในอัตราส่วน ประมาณ 70 ต่อ 30 และอนุภาคนดังกล่าวถูกห่อหุ้มด้วยกาวอนินทรีย์ของทังสเตนออกไซด์ทำให้เส้น

25 ใยมีความแข็งแรงและทนความร้อน

20

15 เส้นใยนาโนไฟโตเคตะกลีตจากอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ดังกล่าว มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้

1. นำสารละลายพอลิไวนิลไพโรลิโดน (Polyvinylpyrrolidone) สารละลายแอมโมเนียม
ทั้งหมด สารละลายอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ P25 และเอทานอล มาผสมกัน โดย
มีอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ สารพอลิไวนิลไพโรลิโดน ต่อ แอมโมเนียมทั้งหมด ต่อ
ไทเทเนียมไดออกไซด์ P25 ต่อ เอทานอล อยู่ในช่วง 5-10:0.1-99.9:0.1-99.9 โดยน้ำหนัก
โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด เท่ากับ 7 ต่อ 2 ต่อ 1 ต่อ 90 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50
องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
2. นำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 1 มาขึ้นรูปเส้นใยโฟโตคะตะลิสต์ด้วยกระบวนการขึ้นรูปจาก
สารละลาย (Solution-based processing) โดยเทคนิคสปินนิ่งทั้งแบบใช้เข็ม (Needle-
based electrospinning) และแบบไม่ใช้เข็ม เช่น นาโนสไปเดอร์ (Nanospider
electrospinning) หรือการปั่นเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Forced/Centrifuge Spinning) สำหรับ
กระบวนการขึ้นรูปจากสารละลาย (Solution-based processing) โดยเทคนิคอิเล็กโตร
สปินนิ่ง แบบใช้เข็ม มีสภาวะดังนี้ ปรับระยะทางระหว่างปลายเข็มและตัวรองรับที่ 15
เซนติเมตร ความต่างศักย์ระหว่างปลายเข็มและตัวรองรับที่ 10 กิโลโวลต์ อัตราการฉีดที่ 0.5
มิลลิลิตรต่อชั่วโมง
3. นำเส้นใยที่ได้จากข้อ 2 ไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

การวิเคราะห์โครงสร้างและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ได้ทำการวิเคราะห์โครงสร้างของอนุภาคนาโนไทเทเนียมดั่ง รูปที่ 1 พบว่าอนุภาคนาโนไทเทเนียมดังกล่าวมีขนาด 10 นาโนเมตร การขึ้นรูปของสารละลายที่มีองค์ประกอบของพอลิเมอร์อนุภาคนาโนไทเทเนียม และตัวทำละลายด้วยกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงให้ผลตามรูปที่ 2 โดยที่

5 ไม่เกิดเส้นใยทั้งก่อน (รูปที่ 2ก) และหลังเผา (รูปที่ 2ข)

ทั้งนี้หลังการผสมสารละลายที่มีองค์ประกอบของพอลิเมอร์ อนุภาคนาโนไทเทเนียม แอมโมเนียมทั้งสเทท และตัวทำละลาย พบว่าสารละลายที่ได้มีลักษณะขุ่นและหนืด นอกจากนั้นยังสามารถกล่าวได้ว่าองค์ประกอบต่างๆ ละลายได้ดีทั้งหมด การขึ้นรูปของสารละลายที่มีองค์ประกอบเฉพาะดังกล่าว ด้วยกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง ให้เส้นใยนาโนดั่ง รูปที่ 3ก ซึ่งภายหลังการเผา

10 วัสดุดังกล่าวยังคงรูปเป็นเส้นใยดั่ง รูปที่ 3ข

จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการตรวจสอบธาตุด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน SEM EDX พบว่าเส้นใยมีธาตุไทเทเนียม (Ti) ทั้งสเดน (W) และ ออกซิเจน (O) ดั่งรูปที่ 4ก แสดงว่ามีไทเทเนียมออกไซด์และทั้งสเดนออกไซด์บนเส้นใย และจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการตรวจสอบธาตุด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเอสอีเอ็ม (SEM Elemental Mapping) พบว่าเส้นใยมีธาตุไทเทเนียม (Ti)

15 และทั้งสเดน (W) อยู่อย่างทั่วถึงบนพื้นผิวดั่งรูปที่ 4ข และรูปที่ 4ค ตามลำดับ แสดงว่าอนุภาคนาโนไทเทเนียมออกไซด์กระจายตัวอยู่อย่างทั่วถึง นอกจากนั้นได้ทำภาพโมเดลของเส้นใยนาโนที่ได้ดั่งรูปที่ 4ง ซึ่งแสดงถึงเส้นใยนาโนอันประกอบจากอนุภาคนาโนไทเทเนียมออกไซด์และกาวอนินทรีย์ทั้งสเดนออกไซด์

นอกจากนั้นแล้วสามารถทดสอบคุณสมบัติการเป็นโฟโตคะตะลิสของเส้นใยดังกล่าวด้วยการย่อยสลายของเมทิลลินบลูภายใต้แสงยูวี (UV Light) พบว่าภายใต้แสงดังกล่าวเส้นใยจากการประดิษฐ์นี้สามารถกำจัดเมทิลลินบลูได้ดีกว่าเส้นใยนาโนจากไทเทเนียมทั่วไปตามที่แสดงใน

20 รูปที่ 5

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ตามที่บรรยายไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์