บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันและอนาคตเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์มีบทบาทสำคัญในการเข้ามาแก้ปัญหาสภาวะการขาดแคลนพลังงานของมนุษย์ทั่วโลก ซึ่งเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์นี้ถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีที่สามารถเปลี่ยนแสงจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมหรือที่เราเรียกว่า “พลังงานสะอาด ” เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเป็นหนึ่งในเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆชนิดที่น่าสนใจสำหรับการแก้ปัญหาความมั่นคงทางพลังงาน ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้เป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกที่สามารถนำพลังงานจากแหล่งกำเนิดพลังงานที่มีอยู่อย่างไม่จำกัดมาใช้ประโยชน์ได้ ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงนี้ปัจจุบันสามารถเพิ่มขึ้นได้สูงถึง 13 เปอร์เซ็นต์ จากผลงานวิจัยของ Simon Mathew ซึ่งเป็นคณะทีมวิจัยของ Michael Grätzel (2014) โดยลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงนี้คือ 1) สามารถประดิษฐ์เซลล์ได้ง่ายมีกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน 2) วัสดุที่นำมาประดิษฐ์มีราคาต้นทุนไม่สูง 3) สามารถนำวัสดุจากธรรมชาติมาสกัดเป็นสารดูดกลืนแสงได้ 4) สามารถเปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้าได้ภายใต้บริเวณความเข้มแสงน้อยๆ 5) สามารถประดิษฐ์ให้มีพื้นที่เซลล์ขนาดใหญ่ได้โดยไม่ต้องอาศัยระบบสุญญากาศหรือเทคโนโลยีที่สูงเกินไป จากอดีตจนถึงปัจจุบันมีงานวิจัยมากมายที่ทำการวิจัยและพัฒนาส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้โดยมีวัตถุประสงค์เหมือนกันคือ การเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยส่วนประกอบหลักของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงนี้คือ 1) ขั้วไฟฟ้าเวิคร์กิ้ง (สารสีย้อมไวแสงจะแทรกอยู่ในชั้นรูพรุนของอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบอยู่บนกระจกนำไฟฟ้าได้และโปร่งแสง) 2) ขั้วไฟฟ้าเคาน์เตอร์ (ประกอบด้วยสารเร่งปฏิกิริยาเคลือบอยู่บนกระจกนำไฟฟ้าได้และโปร่งแสง) 3) สารละลายอิเล็กโทรไลต์หรือสารของแข็งอิเล็กโทรไลต์หรือเจลอิเล็กโทรไลต์ ทั้ง 3 ส่วนประกอบหลักในแต่ละส่วนมีความต้องการสมบัติที่แตกต่างกันไป เพื่อจะทำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ในงานวิจัยนี้มีความสนใจในส่วนของชั้นรูพรุนไทเทเนียมไดออกไซด์ซึ่งจะต้องมีสมบัติที่เหมาะสมกับเซลล์ดังนี้ ข้อที่ 1) ต้องการจำนวนรูพรุนระดับนาโนจำนวนมากเพื่อให้โมเลกลุของสารสีย้อมไวแสงไปเกาะติดบริเวณภายในรูพรุน ซึ่งถ้ามีโมเลกลุสารสีย้อมไวแสงอยู่จำนวนมากภายในเซลล์ จะทำให้โมเลกลุสารสีย้อมไวแสงดูดกลืนพลังงานแสงได้จำนวนมากส่งผลให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูง สมบัติที่เหมาะสมกับเซลล์ ข้อที่ 2) ต้องการความหนาที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 10 ถึง 15 ไมโครเมตร ในสมบัติข้อนี้มีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับการเคลือบชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีต่างๆเช่น วิธีการสกรีน -ปริ้น วิธีการปาดด้วยแท่งแก้ว วิธีการโซล -เจล และอีกหลากหลายวิธี (Mateja Hocevar, Ke Fan and

E.C. Muniz) ถึงแม้วิธีการเคลือบแบบต่างๆที่กล่าวมาจะเคลือบง่ายและไม่ซับซ้อน แต่ก็ไม่สามารถควบคุมความหนาของชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์ได้แมนยำ และสมบัติที่เหมาะสมกับเซลล์ ข้อที่ 3) ชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์สามารถกระเจิงแสงได้ดีมาก ทำให้แสงกระจายอยู่ภายในเซลล์ได้เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้โมเลกลุสารสีย้อมไวแสงดูดกลืนพลังงานแสงได้จำนวนมากส่งผลให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูง ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดและการเคลือบชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์เพื่อให้ได้สมบัติดังที่กล่าวมา จึงได้ออกแบบและประดิษฐ์เครื่องเคลือบแบบฉีดพ่นภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอนี้ขึ้นมา โดยจะมีลักษณะเด่นคือสามารถควบคุมความหนาของชั้นที่เคลือบได้แมนยำจากอัตราการเคลือบที่แน่นอน ตัวควบคุมต่างๆ นอกจากนี้ยังนำเทคนิคแรงที่กระทำต่ออนุภาคภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอเข้ามาช่วยในการเคลือบอนุภาคระดับนาโนเมตรอีกด้วย โดยทิศทางของแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้าจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงเนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลก ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ตกลงแผ่นรองรับด้วยความเร็วที่ช้ากว่าปกติและแรงตกกระทบที่น้อยกว่าการตกแบบอิสระ ทำให้อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซต์ตกลงแผ่นรองรับด้วยแรงกระแทรกที่น้อย ก่อให้เกิดการเกาะกันของอนุภาคแบบหลวมๆ ไม่ติดแน่นซึ่งอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซต์เป็นลักษณะทรงกลม ดังนั้นจะเกิดรูพรุนขนาดนาโนเมตรและรูพรุนขนาดไมโครเมตรเป็นจำนวนมากส่งผลให้ได้สมบัติที่ต้องการเพื่อใช้กับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง มีงานวิจัยสนับสนุนแนวคิดนี้อยู่จำนวนมากพอสมควร อาทิ งานวิจัยของ Ji–Tae Hong (2010) การสร้างเครื่องมือเคลือบแบบฉีดพ่นชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดไวสีย้อม เป็นระบบสเปรย์ไฟฟ้าสถิต (ESS) และทำการทดลองด้วยวิธีการเคลือบด้วยระบบ ESS ควบคุมการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าของระบบ (ESS) ตั้งแต่ 5 - 10 kV ซึ่งเวลาที่ใช้ในการเคลือบแต่ละตัวอย่างคือ 2, 4, 6 และ 8 นาที อัตราการฉีดพ่นของหัวฉีดมีค่า 5 มิลลิลิตร ต่อชั่วโมง และตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของตั วอย่างที่เคลือบด้วยกล้อง (CCD) นอกจากนี้ประสิทธิภาพของเซลล์จะสามารถพิจารณาได้จากกราฟ I-V curve พบว่าประสิทธิภาพของเซลล์ที่ได้จากวิธีสเปรย์ไฟฟ้าสถิต คือ 3.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อเทียบกับวิธีสเปรย์ธรรมดา ซึ่งได้เพียง 3.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อมางานวิจัยของ Xue-Long He (2014) ได้ทำการ ศึกษาเคลือบชั้นกระเจิงแสงไทเทเนียมไดออกไซต์ด้วยวิธีฉีดพ่นภายใต้อุณหภูมิห้องลงบนแผ่นรองรับที่โค้งงอได้ ซึ่งเขาทำการออกแบบและสร้างเครื่องฉีดพ่นเพื่อเคลือบชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์ด้วยแรงอัดจากแก๊สฮีเลียมโดยมีที่ยึดแผ่นรองรองด้านล่างสามารถปรับ -เลื่อนได้ แล้วนำไปประกอบเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยมีสารสีย้อมมาตรฐาน วัดประสิทธิภาพได้สูงถึง 5.24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าสูงมากสำหรับเซลล์ที่มีรูปแบบโค้งงอได้ นอกจากนี้ และงานวิจัยของ Bing Hu และ Baoshun Liu (2015) ได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์ชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์โครงสร้างระดับนาโนด้วยวิธีการเคลือบแบบฉีดพ่นด้วยไฟฟ้าสถิตแล้วอบไอน้ำหลังฉีดพ่นใช้สำหรับการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ศึกษาลักษณะความเป็นรูพรุน จำนวนพื้นที่ผิวสัมผัสของชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์ ขนาดของรูพรุน และประสิทธิภาพ

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ประดิษฐ์ขึ้น พบว่ามีลักษณะความเป็นรูพรุนสูง ทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงถึง 7.2 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการแปลงพลังงานแสงเป็นไฟฟ้าสามารถทำได้สูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร จากข้อมูลงานวิจัยที่กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาชั้นรูพรุนไทเทเนียมไดออกไซด์นี้เป็นปัจจัยสำคัญมากในการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องเคลือบสารผงอนุภาคระดับนาโนแบบฉีดพ่นภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นเทคนิคใหม่และสามารถประยุกต์ใช้กับสารผงระดับนาโน สารละลายระดับนาโน และสารอื่นๆได้หลากหลายชนิด ที่มีความต้องการสมบัติความเป็นรูพรุนเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส เช่น เคลือบสารที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ ที่ต้องการพื้นที่ผิวสัมผัสสูง เช่นการเคลือบสารคาร์บอนหรือแพลทินัมเพื่อทำเป็นขั้วไฟฟ้าเคาน์เตอร์สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงได้อีกด้วย (Slamet Widodo, Shuqing Huang and Gyeongho Kang) การเคลือบสารอนุภาคนาโนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในงานเซลล์เชื้อเพลิงพลังงานไฮโดรเจน นอกจากนี้ถ้าต้องการเคลือบชิ้นงานที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ก็สามารถเคลือบได้เนื่องจากระบบไม่ได้เคลือบภายใต้ระบบสุญญากาศจะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้สูงมาก

ในงานวิจัยนี้ทำการประดิษฐ์ระบบฉีดพ่นและออกแบบเครื่องฉีดพ่นสารผงขึ้นมาใหม่ โดยจะออกแบบและสร้างเครื่องฉีดพ่นสารผลระดับนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ลงบนกระจกนำไฟฟ้าโปร่งแสงภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอความเข้มสูง โดยสมรรถนะของเครื่องฉีดพ่นสารผงระดับนาโนเมตรที่สร้างขึ้น ปรับอัตราการการเคลือบด้วยความดันแก๊ส ปรับการหมุนของแผ่นรองรับได้ ให้ความร้อนแก่แผ่นรองรับและปรับระยะการฉีดพ่นได้ ทั้งหมดเพื่อรองรับการประยุกต์ใช้งานกับสารชนิดต่างๆ และประยุกต์ใช้กับงานด้านอื่นๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อทำการสร้างเครื่องมือเสร็จสมบูรณ์ แล้วทำการทดลองและศึกษาการเคลือบชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์ลงบนกระจกนำไฟฟ้าโปร่งแสง (Fluorine doped-Thin Oxide, (FTO)) แล้วนำชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบแล้วไปทำการวิเคราะห์สมบัติเชิงโครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction) สมบัติการสะท้อนและการดูดกลืนของแสงด้วยเครื่องยูวี-วิตสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (UV-vis spectrophotometer) วัดความหนาด้วยภาพถ่ายภาคตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจ์ (Scanning Electron Microscopy, SEM) จากนั้นทำการประกอบเซลล์กับส่วนต่างๆ เพื่อประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง และวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเครื่องวัดประสิทธิภาพเซลล์ (Solar Simulator, AM 1.5) ความเข้มมาตรฐาน 100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร และสุดท้ายงานวิจัยนี้สามารถนำสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นจากองค์ความรู้พื้นฐานเดิมมาพัฒนาและประยุกต์ใช้กับการประดิษฐ์เครื่องฉีดพ่นสารผงระดับนาโนภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ ช่วยในการลดต้นทุนการผลิต

ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ ได้องค์ความรู้ใหม่ในการนำไปสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรม และสุดท้ายจะช่วยแก้ปัญหาสภาวะการขาดแคลนพลังงานได้ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องฉีดพ่นภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอที่มีผลต่อชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์ได้
2. เพื่อศึกษาสมบัติต่างๆ ของชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์ซึ่งถูกเคลือบด้วยเครื่องฉีดพ่นภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอในแต่ละเงื่อนไขได้เพื่อประยุกต์ใช้สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง
3. เพื่อหาประสิทธิภาพของเซลล์ จากการเคลือบชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์ในเงื่อนไขต่างๆ โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซลล์ที่เคลือบชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์ด้วยวิธีอื่นได้

ขอบเขตการวิจัย

1. สถานที่ทดลอง ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2. สถานที่วิเคราะห์ผล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์ คืออัตราการเคลือบ ที่เหมาะสมของเครื่องฉีดพ่นภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ
4. ศึกษาสมบัติของชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์ด้วยเครื่องฉีดพ่นภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ โดยศึกษาจากสมบัติเชิงโครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction) สมบัติเชิงการสะท้อนและการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิตสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (UV-vis spectrophotometer) วัดความหนาด้วยภาพถ่ายภาคตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจ์ (Scanning Electron Microscopy, SEM)
5. ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากการเคลือบชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์ในเงื่อนไขต่างๆ โดยหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด ไปทำการประกอบเซลล์แล้วทำการวัดประสิทธิภาพด้วยเครื่องวัดประสิทธิภาพเซลล์ (Solar Simulator, AM 1.5) ความเข้มมาตรฐาน 100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร

ข้อจำกัด

-

สมมติฐานการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการออกแบบเครื่องฉีดพ่นแบบธรรมดาที่มีอยู่แล้ว ซึ่งการเคลือบชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์ที่ผ่านมา ผลการทดลองได้อนุภาคทรงกลมระดับนาโนแต่ยังคงมีความเป็นรูพรุนที่น้อยมาก เนื่องจากกระเกาะกันแน่นหนาเกินไป และไม่สารถควบคุมความหนาของชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์ได้ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงจะทำการพัฒนาระบบฉีดพ่นและออกแบบเครื่องฉีดพ่นสารผงขึ้นมาใหม่ โดยจะออกแบบและสร้างเครื่องฉีดพ่นสารผลระดับนาโนไทเทเนียมไดออกไซต์ลงบนกระจกนำไฟฟ้าโปร่งแสง จะส่งผลทำให้ชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์เกิดรูพรุนขึ้นจำนวนมาก ส่งผลต่อการดูดซับสารสีย้อมไวแสง และทำให้ประสิทธิภาพเซลล์สูงขึ้นด้วย

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย/(นิยามศัพท์เฉพาะ)

เครื่องฉีดพ่นสาร เซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง ชั้นกระเจิงแสงไทเทเนียมไดออกไซต์

Spray coating Machines, Dye-sensitized solar cell (DSSC), TiO_2 Scattering layer

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถออกแบบและสร้างเครื่องฉีดพ่นสารผงไทเทเนียมไดออกไซต์หรือประยุกต์ใช้กับสารผงระดับนาโนอื่นได้ และยังนำความรู้พื้นฐานด้านสนามไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคนาโนมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลือบสารระดับนาโน
2. สามารถทราบถึงสมบัติที่เหมาะสมของชั้นไทเทเนียมไดออกไซต์ด้วยเครื่องฉีดพ่นภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอโดยจากเทคนิคต่างๆ คือ เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction) เครื่องยูวี-วิตสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (UV-vis spectrophotometer) วัดความหนาด้วยภาพถ่ายภาคตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจ์ (Scanning Electron Microscopy, SEM)

3. สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากเงื่อนไขต่างๆ โดยหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดด้วยการวัดประสิทธิภาพด้วยเครื่องวัดประสิทธิภาพเซลล์ (Solar Simulator, AM 1.5) ความเข้มมาตรฐาน 100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร

4. สามารถนำเอาผลวิจัยที่ได้ไป นำเสนอผลงานวิจัย เผยแพร่องค์ความรู้ ระดับนานาชาติ หรือตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารงานวิจัย

5. สามารถนำเอาผลงานวิจัยไปประยุกต์ ต่อยอดงานวิจัยไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาศักยภาพด้านพลังงานทางเลือกต่อไป