

Invention and Test the Efficiency of Dye Sensitized Solar Cell from TiO₂ Semiconductor and N719 Dye Sensitized

*Autchara Nonkhlor and Pattanapong Jumrusprasert

Program in Science Education, Faculty of Science and technology, Nakhon Ratchasima
Rajabhat University

*Corresponding author : autcharanon92@gmail.com

Received
03/08/2023

Reviewed
20/08/2023

Revised
13/11/2023

Accepted
27/11/2023

Abstract

This research was aimed to invent and test the conversion efficiency of dye sensitized solar cell (DSSC) from N719 dye with varied the concentration of N719 dye at 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 and 1.00 mM. The working electrode of this DSSC was made of TiO₂ (anatase phase) while the counter electrolyte was made of Pt. The EL-HPE electrolyte was used for this DSSC. Measurement the conversion efficiency via Pecell PEC-11 solar simulator, It found that the efficiency of dye-sensitized solar cells at a concentration of 0.20 mM has 0.62%. While, at the concentrations of 0.40, 0.60, 0.80 and 1.00 mM, the efficiencies have 0.54%, 0.18%, 0.12% and 0.27% respectively. This effect is likely to be related to the fast recombination of the carrier ions of the dye when the concentration increases.

Keyword : Dye Sensitized Solar Cell; N719 Dye; TiO₂

การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง จากสารกึ่งตัวนำไทเทเนียมไดออกไซด์และสีย้อมไวแสง N719

*อัจฉรา โนนคล้อ และ พัฒนพงษ์ จำรัสประเสริฐ

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

*ผู้นิพนธ์หลัก : autcharanon92@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงที่มีความเข้มข้นของสีย้อมไวแสง (N719) ที่แตกต่างกัน คือ 0.20 0.40 0.60 0.80 และ 1.00 มิลลิโมลาร์ โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เฟสอะนาเทสเป็นขั้วเวิร์คกิ้งอิเล็กโทรด ใช้แพลทินัมเป็นขั้วเคาท์เตอร์อิเล็กโทรด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ EL-HPE ซึ่งวัดด้วยเครื่องจำลองแสงอาทิตย์ Solar Simulator Peccell PEC-11 พบว่า ค่าประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงที่ความเข้มข้น 0.20 มิลลิโมลาร์ ให้ประสิทธิภาพมากที่สุดคือร้อยละ 0.62 ในขณะที่ความเข้มข้น 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 มิลลิโมลาร์ ให้ประสิทธิภาพเป็นร้อยละ 0.54, 0.18, 0.12 และ 0.27 ตามลำดับ แสดงว่าความเข้มข้นของสีย้อมที่มากขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะลดลง ผลดังกล่าวน่าจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มของอัตราการรวมตัวกันเองของอนุภาคประจุไฟฟ้าที่เป็นพาหะในสีย้อมเมื่อความเข้มข้นมากขึ้น ส่งผลให้อิเล็กตรอนส่งผ่านได้ไม่ดีจึงทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารสีย้อมไวแสง (N719) มากขึ้น

คำสำคัญ : เซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง; สีย้อมไวแสง N719; ไทเทเนียมไดออกไซด์

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต พลังงานที่ต้องนำมาใช้ชีวิตประจำวันควรจะเป็นพลังงานที่สะอาดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันพลังงานที่ใช้ยูนันั้นเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้แล้วหมดไป เช่น ปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ซึ่งมีแนวโน้มใช้มากขึ้นทุกปีและใช้อย่างต่อเนื่อง การหาพลังงานทดแทนมาใช้ภายในประเทศได้มีการพัฒนาพลังงานจากธรรมชาติที่เป็นพลังงานหมุนเวียน เช่น ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก พลังลม และพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะสามารถใช้ผลิตพลังงานทดแทนได้ ซึ่งดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพมหาศาล ไม่มีวันหมด เป็นพลังงานสะอาด ปราศจากอันตรายและมลพิษ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทุกพื้นที่ (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2011) การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์สามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์สุริยะ (Photovoltaic) หรือเซลล์สุริยะ (Solar Cells) เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า (Guo *et al.*, 2015) เป็นที่นิยมกันอย่างมากในการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบัน ต้นทุนในการผลิตและติดตั้งเซลล์สุริยะแบบซิลิกอนยังมีราคาแพง เนื่องจากกระบวนการผลิตที่ต้องเตรียมซิลิกอนให้บริสุทธิ์และขั้นตอนการผลิตใช้พลังงานสูง ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมจึงมีการคิดค้นเซลล์อาทิตย์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย โดยเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง (Dye-sensitized solar cells, DSSC) โดยใช้สารสีย้อมเป็นการสังเคราะห์สารอินทรีย์มาตรฐานที่อุตสาหกรรมผลิตขึ้น เพื่อใช้ในการผลิตเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงซึ่งเป็นแนวคิดใหม่ในการพัฒนาเซลล์สุริยะที่มีราคาถูก สามารถผลิตให้มีความยืดหยุ่นได้ มีน้ำหนักเบา ไม่จำเป็น ต้องใช้ระบบสุญญากาศ และสามารถเตรียมได้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป (Monnoi, 2016) จึงเป็นประโยชน์อย่างมากในการผลิตเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

เซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงเป็นเซลล์สุริยะชนิดใหม่ และมีหลักการทำงานคล้ายคลึงกับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ประกอบด้วยสิ่งสำคัญ 2 อย่าง ได้แก่ ขั้วไฟฟ้าอนุภาคโลหะออกไซด์ และสีย้อมที่ทำหน้าที่ดูดกลืนแสง ซึ่งอนุภาคโลหะออกไซด์ เป็นสารกึ่งตัวนำที่เป็นชั้นให้โมเลกุลเอาไวยิดเกาะพร้อมรับอิเล็กตรอนจากสีย้อมส่งผ่านอิเล็กตรอนไปยังขั้วแอโนด และสีย้อมไวแสงจะยึดเกาะอยู่บริเวณผิวโลหะออกไซด์ คอยดูดกลืนแสงอาทิตย์ ทำให้อิเล็กตรอนถูกกระตุ้น โดยสีย้อมไวแสงนี้มีความสมบัติดูดกลืนแสงได้มาก โดยมีทั้งความเสถียรและยึดเกาะได้ดี เซลล์สุริยะชนิดนี้ใช้เม็ดสีย้อมทำหน้าที่เป็นตัวดูดกลืนแสง (Sedghi *et al.*, 2014) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจสารสีย้อมไวแสง (N719) เนื่องจากเป็นสีย้อมมาตรฐาน เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะรูทีเนียม (Ru) มีช่วงการดูดกลืนแสงที่กว้างและดูดกลืนได้ดี และสารกึ่งตัวนำของโลหะออกไซด์ TiO_2 ที่มีลักษณะเป็นรูพรุน และมีขนาดอยู่ในระดับนาโนเมตร ใช้ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าทางแสงเพื่อรับอิเล็กตรอนจากเม็ดสีย้อม

วิธีการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมโครงสร้างองค์ประกอบของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง ดังนี้

1.1 เตรียมสารกึ่งตัวนำ TiO_2 สารกึ่งตัวนำโลหะที่นำมาใช้ในเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง เป็นสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ ที่มีช่องว่างแถบพลังงานสูง สามารถสร้างพันธะยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลของสีย้อมได้ ในงานวิจัยนี้ใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ ชนิด 18NR-T Titania Paste ของ greatcellsolar materials โดยนำมาเคลือบลงบนกระจก FTO โดยวิธี Screen printing จำนวน 1 ชั้น (Khalifa *et al.*, 2020; Boonloy & Chaissitsak, 2011; Monnoi, 2016) นำไปเผาที่อุณหภูมิ $450 \pm 1^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (Dong *et al.*, 2013) จะได้ฟิล์ม FTO/TiO_2

1.2 การเตรียมสารตัวนำโลหะแพลทินัม (Pt)

สารตัวนำโลหะ ต้องเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี วัสดุมีราคาถูก และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดี โดยทั่วไปจะใช้โลหะแพลทินัม ในงานวิจัยนี้ใช้สารตัวนำโลหะแพลทินัม โดยนำกระจก FTO ไปเคลือบด้วยสาร Pt paste (Platisol T, Solaronix) โดยวิธี Screen printing จำนวน 1 ชั้น รอให้แห้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำฟิล์มไปเผาที่อุณหภูมิ $450 \pm 1^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ฟิล์ม FTO/Pt

1.3 การเตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ ทำหน้าที่ในการส่งผ่านอิเล็กตรอนจากขั้วไฟฟ้าแคโทด อิเล็กโทรดในฝั่งที่เป็นฟิล์มบางของโลหะแพลทินัมไปยังโมเลกุลของเม็ดสีที่เสียดสีอิเล็กตรอนไปในตอนแรก จากการถูกกระตุ้นด้วยแสง สารละลายอิเล็กโทรไลต์จะอาศัยกระบวนการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ และปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยารีดอกซ์ ในงานวิจัยนี้ใช้สารอิเล็กโทรไลต์ EL-HPE (Acetonitrile, 1-Butyl-3-methylimidazolium iodide, Valeronitrile, 4-tert-Butylpyridine, Lithium iodide, Iodine, Guandine Thiocyanate) จาก greatcellsolar materials ตั้งบนเครื่องกวนสารเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

1.4 การเตรียมสารละลายสีย้อมไวแสง

ในงานวิจัยนี้จะใช้สีย้อมไวแสงชนิด N719 ที่ความเข้มข้น 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 mM ใช้ตัวทำละลายเอทานอล มีขั้นตอนการเตรียมดังต่อไปนี้

1.4.1 เตรียมสีย้อมไวแสง (N719) เข้มข้น 1.00 mM โดยชั่งสีย้อมไวแสง (N719) จำนวน 0.1188 กรัม ละลายในเอทานอล ปริมาตรเป็น 100.00 ml

1.4.2 เตรียมสีย้อมไวแสง (N719) เข้มข้น 0.80 mM โดยปิเปตสีย้อมไวแสง (N719) เข้มข้น 1.00 mM ปริมาตร 40.00 ml แล้วปรับปริมาตรเป็น 50.00 ml

1.4.3 เตรียมสีย้อมไวแสง (N719) เข้มข้น 0.60 mM โดยปิเปตสีย้อมไวแสง (N719) เข้มข้น 1.00 mM ปริมาตร 30.00 ml แล้วปรับปริมาตรเป็น 50.00 ml

1.4.4 เตรียมสีย้อมไวแสง (N719) เข้มข้น 0.40 mM โดยปิเปตสีย้อมไวแสง (N719) เข้มข้น 1.00 mM ปริมาตร 20.00 ml แล้วปรับปริมาตรเป็น 50.00 ml

1.4.5 เตรียมสีย้อมไวแสง (N719) เข้มข้น 0.20 mM โดยปิเปตสีย้อมไวแสง (N719) เข้มข้น 1.00 mM ปริมาตร 10.00 ml แล้วปรับปริมาตรเป็น 50.00 ml

1.5 การเตรียมแผ่นรองรับ (Substrates)

แผ่นรองรับเป็นแผ่นกระจกหรือแก้วที่เคลือบด้วยด้วยสารนำไฟฟ้าโปร่งแสง เช่น สารกลุ่ม ITO หรือ FTO ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้กระจกที่เคลือบสารนำไฟฟ้าโปร่งแสงชนิด FTO ตัดให้มีขนาดความกว้าง 2.0 เซนติเมตร ยาว 2.0 เซนติเมตร แล้วล้างกระจกด้วยสารทำความสะอาดในเครื่องอัลตราโซนิกโดยเรียงกระจกที่ตัดได้ตามขนาดลงในโถแก๊วย่อมสไลด์ เติมน้ำกลั่นลงในโถแก๊วย่อมสไลด์ให้ท่วมแผ่นกระจก จากนั้นเทน้ำสะอาดลงในอ่างล้างของเครื่องอัลตราโซนิกปริมาณ 2 ใน 3 ของปริมาตรอ่าง ตั้งค่าให้เครื่องทำงาน 30 นาที เมื่อเวลาครบ 30 นาที เทน้ำกลั่นออกแล้วเติมน้ำสะอาดให้ท่วมกระจก ตั้งค่าเครื่องอัลตราโซนิกให้ทำงานอีก 30 นาที เมื่อครบเวลาเทสารอะซิโตนออกแล้วนำกระจกออกวางในกล่องเก็บกระจกทิ้งให้แห้ง

1.6 การเตรียมขั้วเวิร์คกิ้งอิเล็กโทรด

ขั้วเวิร์คกิ้งอิเล็กโทรด เป็นส่วนประกอบสำคัญของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง เป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นชั้นทำงานของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.6.1 สร้างกรอบสกรีนด้วยสก็อตเทป โดยการตัดสก็อตเทปเป็นรูปสี่เหลี่ยมทำเป็นกรอบกำหนดพื้นที่ในการสกรีนขนาด 1.0 เซนติเมตร x 1.0 เซนติเมตร จากนั้นติดบนกระจกตรงด้านที่เคลือบสารนำไฟฟ้าโปร่งแสง

1.6.2 สกรีนสารกึ่งตัวนำ TiO_2 ในพื้นที่ที่ทำเป็นกรอบขนาด 1.0 เซนติเมตร x 1.0 เซนติเมตร

1.6.3 เมื่อสกรีนชั้นของสารกึ่งตัวนำ TiO_2 เรียบร้อยนำไปเผาที่อุณหภูมิ $450 \pm 1^\circ\text{C}$ ใช้เวลาในการเผา 1 ชั่วโมง ด้วยเตาเผาอุณหภูมิสูง

1.6.4 หลังจากเผาด้วยอุณหภูมิ $450 \pm 1^\circ\text{C}$ ทั้งให้เย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง นำกระจก ที่สกรีนฟิล์มของสารกึ่งตัวนำแล้วไปทำการย้อมสี เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ในสภาวะอุณหภูมิห้อง

1.6.5 เมื่อทำการย้อมสีขั้วเวิร์คกิ้งอิเล็กโทรด เรียบร้อยล้างเซลล์ด้วยสารอะซิโตน แล้วพักเซลล์ไว้ในภาชนะที่ป้องกันแสง

1.7 การเตรียมขั้วเคาเตอร์อิเล็กโทรด (Counter electrode)

ขั้วเคาเตอร์อิเล็กโทรด จะทำหน้าที่ถ่ายโอนอิเล็กตรอนที่มาจากภายนอกให้กลับเข้าสู่สารละลายอิเล็กโทรไลต์ ใช้โลหะแพลทินัม เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ขั้วเคาเตอร์อิเล็กโทรด มีวิธีการเตรียมดังนี้

1.7.1 สร้างพื้นที่ในการสกรีนสารตัวนำไฟฟ้าโลหะ ด้วยการตัดสก็อตเทปเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดความกว้าง 1.0 เซนติเมตร ยาว 1.0 เซนติเมตร ติดสก็อตเทปบนแผ่นกระจกด้านที่เคลือบสารนำไฟฟ้าโปร่งแสง

1.7.2 หยดสารละลายตัวนำโลหะแพลทินัมลงในพื้นที่ที่เตรียมเอาไว้ด้วยสก็อตเทป จากนั้นทำการสกรีนสารละลายตัวนำโลหะแพลทินัมให้ทั่วพื้นที่ที่สร้างเอาไว้

1.7.3 ตึงสีก๊อตเทปออกจะเหลือชั้นฟิล์มบางของสารตัวนำโลหะ นำกระจกที่สกรีนสารโลหะไปเผาที่อุณหภูมิ $450 \pm 1^\circ\text{C}$ ในเวลา 1 ชั่วโมง ด้วยเตาเผาอุณหภูมิสูง

1.8 การประกอบเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง

นำขั้วเวิร์คกิ้งอิเล็กโทรด ที่ทำการย้อมสีย้อมไวแสงและขั้วเคาท์เตอร์อิเล็กโทรดที่เตรียมเรียบร้อยแล้ว 2 ขั้วมาประกบเข้าด้วยกัน โดยใช้พาราฟิล์มเป็นวัสดุป้องกันการรั่วของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และเป็นวัสดุในการยึดขั้วไฟฟ้าทั้งสองของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง ขั้นตอนในการประกอบเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงมีดังต่อไปนี้

1.8.1 เตรียมวัสดุป้องกันการรั่วชั้นบรรจุสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยใช้แผ่นพาราฟิล์ม 1 ชั้น

1.8.2 วางแผ่นพาราฟิล์มขนาดฟิล์มของแพลทินัม แล้วนำขั้วเวิร์คกิ้งอิเล็กโทรดมาประกบให้ฟิล์มของสารกึ่งตัวนำอยู่ในกรอบพื้นที่ของฟิล์มแพลทินัม จากนั้นใช้ที่หนีบกระดาษหนีบยึดเซลล์ไว้ด้วยกัน

1.8.3 ให้ความร้อนกับเซลล์เพื่อให้แผ่นพาราฟิล์มละลายยึดเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงไว้ด้วยกัน

1.8.4 เมื่อจะทำการทดสอบเซลล์เพื่อหาคุณสมบัติทางไฟฟ้า ให้หยดสารอิเล็กโทรไลต์ลงในเซลล์



Figure 1 Fabrication of DSSC

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการทดสอบเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง มีรายละเอียดดังนี้

เซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงนี้ได้ถูกสร้างขึ้นตามวิธีการทดลองดังที่กล่าวมา จากนั้นนำมาทำการวัดและบันทึกผลการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการโดยทั่วไปนิยมนิยาม $I-V$ characteristic หรือ $I-V$ curve ในการทดลองนี้ได้ทำการทดสอบเบื้องต้นและหาประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น เพื่อหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง คือ

1. ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short circuit current) (I_{sc})
2. ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิด (Open circuit voltage) (V_{oc})
3. ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_{max})
4. ค่าฟิลแฟคเตอร์ (Fill Factor : FF)
5. ค่าประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะ (Efficiency)

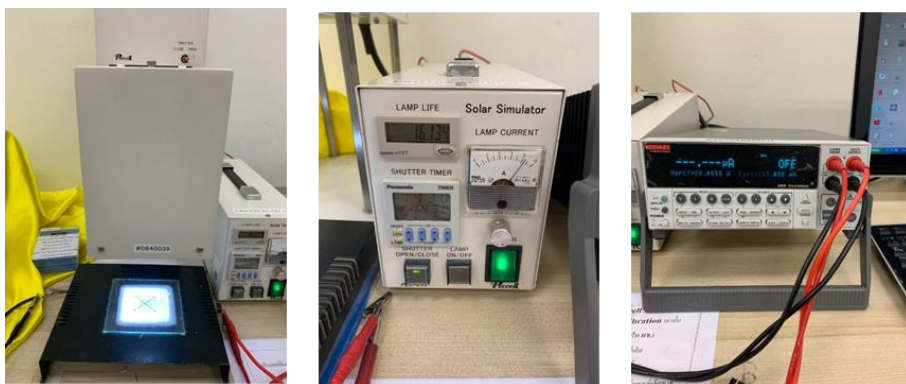


Figure 2 Solar simulator and its measuring instrument

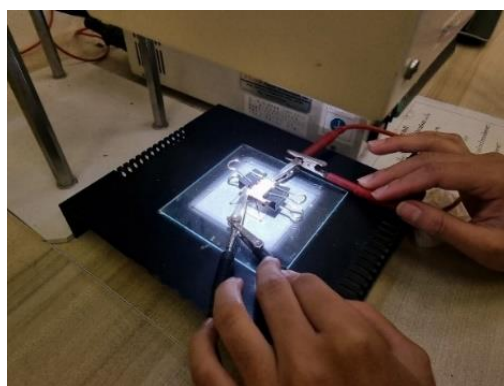


Figure 3 Conversion efficiency measurement of DSSC

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย ประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง เซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงที่ใช้สีย้อมสังเคราะห์ N719 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยมีความเข้มข้น คือ 0.20, 0.40, 0.60, 0.80, 1.00 มิลลิโมลาร์ แต่ละความเข้มข้นทำซ้ำ 3 เซลล์ โดยใช้ EL-HPE เป็นสารอิเล็กโทรไลต์สำหรับพื้นที่รับแสงของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงมีขนาด 1.0 เซนติเมตร x 1.0 เซนติเมตร เมื่อนำเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงไปทดสอบประสิทธิภาพที่ห้องปฏิบัติการจำลองแสงแดด คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยต่อวงจร เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง ดังนี้

เซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงนี้ถูกสร้างขึ้นตามเงื่อนไขและวิธีการทดลองที่กล่าวมา จากนั้นนำมาหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์สุริยะและประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเซลล์สุริยะที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้สีย้อมไวแสง (N719) ดังนี้

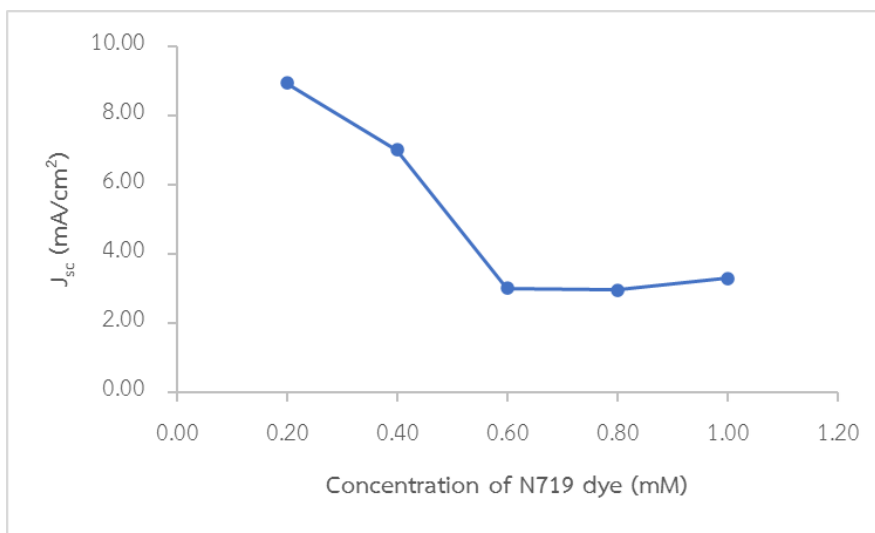
Table 1 The average conversion efficiency of DSSC

ความเข้มข้น ของสีย้อมไว แสง (N719) (mM)	J_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (Volt)	FF	η (%)	S.D.
0.2	8.92	0.41	0.17	0.62	0.001
0.4	7.00	0.43	0.18	0.54	0.002
0.6	3.00	0.37	0.16	0.18	0.002
0.8	2.94	0.29	0.14	0.12	0.005
1.0	3.28	0.44	0.19	0.27	0.005

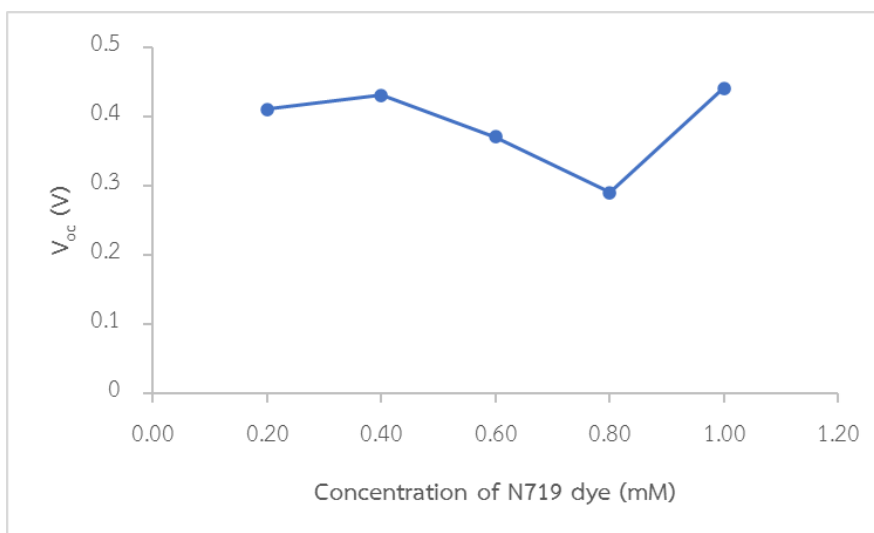
จาก Table 1 ประสิทธิภาพเฉลี่ยจากการทดสอบเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง โดยเปรียบเทียบความเข้มข้นของสีย้อมไวแสง (N719) ที่ต่างกันคือที่ความเข้มข้น 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 มิลลิโมลาร์ ซึ่งวัดด้วยเครื่องจำลองแสงอาทิตย์ Solar Simulator PecceLL PEC-11 ภายใต้ค่าของตัวแปรคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างๆ ความต่างศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิด (V_{oc}) ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร (J_{sc}) ค่าฟิลล์แฟกเตอร์ (FF) และค่าร้อยละประสิทธิภาพ (η) พบว่า ค่าประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงที่ความเข้มข้น 0.20 มิลลิโมลาร์ ให้ประสิทธิภาพมากที่สุดคือร้อยละ 0.62 ในขณะที่ความเข้มข้น 0.40 , 0.60, 0.80 และ 1.00 มิลลิโมลาร์ ให้ประสิทธิภาพเป็นร้อยละ 0.54, 0.18, 0.12 และ 0.27 ตามลำดับ แสดงว่าความเข้มข้นของสีย้อมที่มากขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะลดลง ผลดังกล่าวน่าจะเกี่ยวข้องกับการรวมตัวกันเองของอนุภาคประจุไฟฟ้าที่เป็นพาหะในสีย้อมเมื่อความเข้มข้นมากขึ้น ส่งผลให้อิเล็กตรอนส่งผ่านได้ไม่ดีจึงทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารสีย้อมไวแสง (N719) มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lumpol, V. (2019) ที่พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารประกอบเชิงซ้อนสูง จะเกิดการรวมตัวกันเองทำ

ให้อิเล็กตรอนส่งผ่านชั้นแคโทดได้ไม่ดีส่งผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะแบบสีย้อมไวแสงลดลง เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงที่มีความเข้มข้นของสารสีย้อมไวแสง (N719) แตกต่างกัน สามารถแสดงผลการทดสอบได้ดัง Figure 4 (ก - ง) โดยพบว่าค่า J_{sc} ของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงที่ได้จากสีย้อมไวแสง (N719) มีค่าลดลง เมื่อความเข้มข้นมากขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้น 1.00 mM แต่ไม่มากไปกว่าค่า J_{sc} ที่ความเข้มข้น 0.20 mM และ 0.40 mM ดัง Figure 4 A) ส่วนค่า V_{oc} ของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงที่ได้จากสีย้อมไวแสง (N719) มีค่าลดลง เมื่อความเข้มข้นมากขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้น 1.00 mM แต่ไม่มากไปกว่าค่า V_{oc} ที่ความเข้มข้น 0.20 mM ดัง Figure 4 B) ส่วนค่า FF ของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงที่ได้จากสีย้อมไวแสง (N719) มีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นมากขึ้น ดัง Figure 4 C) และค่า Efficiency ของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงที่ได้จากสีย้อมไวแสง (N719) มีค่าลดลง เมื่อความเข้มข้นมากขึ้น แต่ค่า Efficiency จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้น 1.00 mM แต่ไม่มากไปกว่าค่า FF ที่ความเข้มข้น 0.20 mM และ 0.40 mM ดัง Figure 4 D)

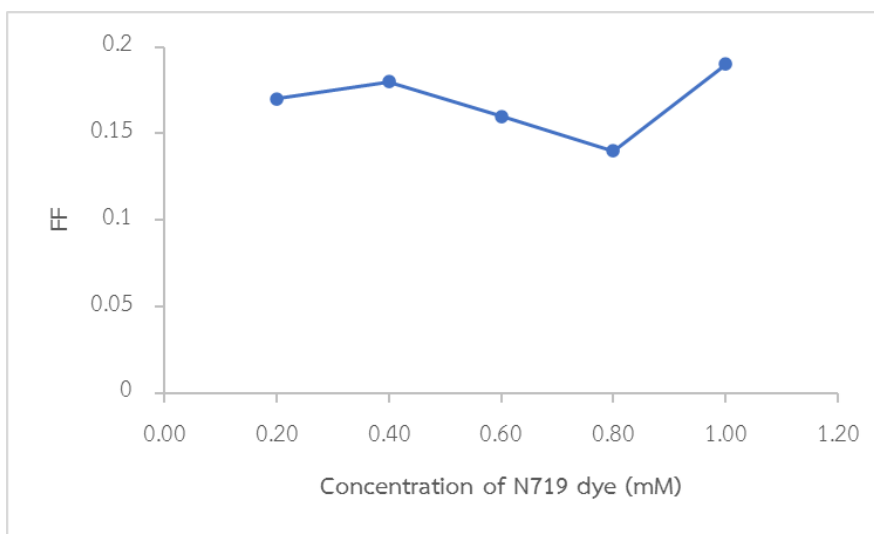
A)



B)



C)



D)

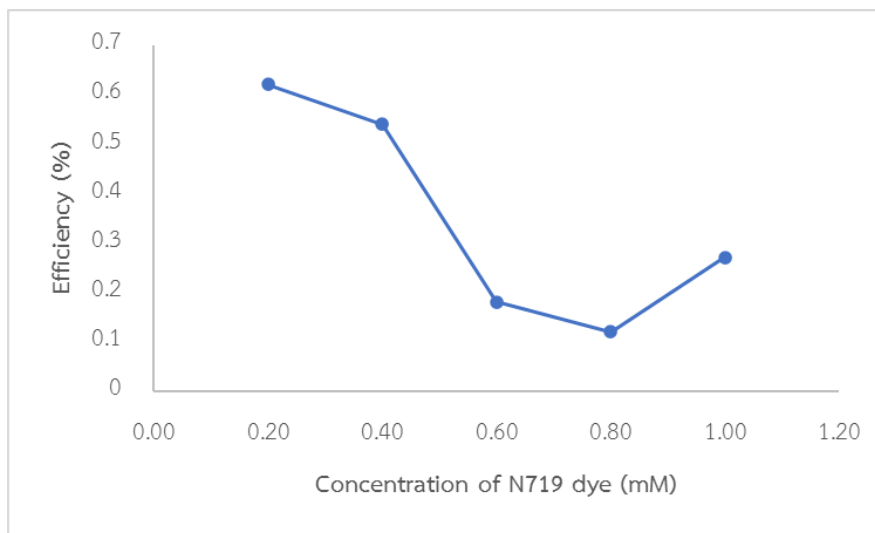


Figure 4 Effect of dye concentration on conversion efficiency of DSSC graph
A) J_{sc} (mA/cm²) B) V_{oc} (V) C) FF and D) Efficiency (%)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาขั้นตอนการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง ดังนี้

1. การเตรียมโครงสร้างองค์ประกอบของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง จากไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เป็น TiO_2 paste มาเคลือบบนกระจก FTO โดยวิธี Screen printing จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ $450 \pm 1^\circ C$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ฟิล์ม FTO/TiO_2 ทำให้เกิดฟิล์มมีลักษณะโครงร่างผลึกแบบอะนาเทส มีลักษณะเป็นรูพรุน ทำให้เกิดการดูดซับสีย้อม ส่วนฟิล์ม FTO/Pt ใช้ Pt paste (Platisol T, Solaronix) โดยวิธี Screen printing จำนวน 1 ชั้น รอให้แห้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำฟิล์มไปเผาที่อุณหภูมิ $450 \pm 1^\circ C$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ตัวนำไฟฟ้า และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดี โดยเตรียมสีย้อมไวแสง (N719) ความเข้มข้น 0.20, 0.40, 0.60, 0.80, 1.00 มิลลิโมลาร์ นำฟิล์ม FTO/TiO_2 แขนในสีย้อมเป็นเวลา 12 ชั่วโมงใช้สารอิเล็กโทรไลต์ EL-HPE (Acetonitrile, 1-Butyl-3-methylimidazolium iodide, Valeronitrile, 4-tert-Butylpyridine, Lithium iodide, Iodine, Guandine Thiocyanate) จาก Greatcellsolar materials หยดลงในเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง ช่วยส่งผ่านอิเล็กตรอนจากขั้วไฟฟ้าแคโทดอิเล็กโทรดในฝั่งที่เป็นฟิล์มบางของโลหะแพลทินัมไปยังโมเลกุลของเม็ดสีได้ดี

2. ผลการทดสอบเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงจากสีย้อมไวแสง (N719) ที่ความเข้มข้นต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง พบว่า ค่าประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงที่ความเข้มข้น 0.20 มิลลิโมลาร์ให้ประสิทธิภาพมากที่สุดคือร้อยละ 0.62 ในขณะที่ความเข้มข้น 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 มิลลิโมลาร์ ให้ประสิทธิภาพเป็นร้อยละ 0.54, 0.18, 0.12 และ 0.27 ตามลำดับ แสดงว่าความเข้มข้นของ สีย้อมที่มากขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงลดลง ผลดังกล่าวน่าจะเกี่ยวข้องกับการรวมตัวกันเองของอนุภาคประจุไฟฟ้าที่เป็นพาหะในสีย้อมเมื่อความเข้มข้นมากขึ้น ส่งผลให้อิเล็กตรอนส่งผ่านได้ไม่ดีจึงทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารสีย้อมไวแสง (N719) เพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยทุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ประจำปีการศึกษา 2564

ขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่กรุณาให้คำแนะนำและเครื่องมือในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัตน์ เจริญบุญ เจ้าหน้าที่ และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

References

- Ali Khalifa, Suhaidi Shafie, WZW Hasan, H.N. Lim, M. Rusop, S.S. Pandey, Ajendra K. Vats, Hussein A. AlSultan, Buda Samaila. (2020). Comprehensive performance analysis of dye-sensitized solar cells using single layer TiO_2 photoanode deposited using screen printing technique. Optik. (223).
- Boonloy, J. & Chaissitsak, S. (2011). *Fabrication of Dye-sensitized solar cells by Screen printing technique*. Proceeding of 49th Kasetsart University Annual Conference : Architecture and Engineering (p.130-137).
- Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2011). Solar Energy. Handbook for development and investment in renewable energy production (1). P.1-2. Department of Alternative Energy Development and Efficiency. Ministry of Energy
- Guo, W., Li, X., Qin, H., & Wang, Z. (2015). PEG-20000 assisted hydrothermal synthesis of hierarchical ZnO flowers: Structure, growth and gas sensor properties. Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures, 73,163-168.
- Lumpol, V. (2019). *Fabrication of nanotubes TiO_2 thin film via anodization process for dye sensitized solar cell*. Thesis for Master of Science (CHEMICAL STUDIES) Department of CHEMISTRY Graduate School, Silpakorn University.
- Monnoi, S. (2016). Efficiency Improvement and Performance Testing Under Actual Operating Environment of Dye-Sensitized Cell. Thesis for Master of Engineering in Renewable Energy Engineering Graduate School, Maejo University.
- Sedghi, A., & Nourmohammsdi Miankushki, H. (2014). Effect of multi walled carbon nanotubes as counter electrode on dye sensitized solar cells. International Journal of Electrochemical Science, 9, 2029-2037.
- Xiang Dong, Yingying Li, Zhiwei Lin, Jie Ge, Jianbei Qiu. (2013). Oriented TiO_2 nanowire array grown on curved surface of Ti wire with superior photoelectrochemical properties. Applied Surface Science of China. (270), pp. 457-461.