

Abstract

Project Code : MRG6080270

Project Title : Novel three-dimensional (3D) nanostructured CuInS₂/metal vanadate composites with highly efficient photocatalytic and photoelectrochemical activities

Investigator : Asst. Prof. Dr. Sulawan Kaowphong
Faculty of Science, Chiang Mai University

E-mail Address : sulawank@gmail.com, sulawan.k@cmu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 3 April 2017 – 2 April 2019

Novel CuInS₂/m-BiVO₄ composites with different mass ratios (CuInS₂ to m-BiVO₄ = 1:3, 1:1, and 3:1) were synthesized by cyclic microwave irradiation, followed by thermal treatment process. Potential photocatalytic applications of the samples for photodegradation of organic compounds (methylene blue, rhodamine B, methyl orange) under visible light irradiation were investigated. The CuInS₂/m-BiVO₄ photocatalyst with mass ratio of 1:3 exhibited better photocatalytic degradation of methylene blue than those of either pure CuInS₂ or m-BiVO₄. The PEC properties of the CuInS₂/m-BiVO₄ photoelectrode, evaluated by linear sweep voltammetry measurement, revealed that the composite photoelectrode exhibited higher current density and the onset potential in comparison with the m-BiVO₄ photoelectrode. The enhanced photocatalytic and PEC performance of the CuInS₂/m-BiVO₄ was ascribed not only that the CuInS₂/m-BiVO₄ extended the light absorption in visible light region but also that the formation of a heterojunction structure, which promoted photogenerated electrons and holes as well as facilitated effective charge separation and transportation between the CuInS₂ and m-BiVO₄ contact interface.

Novel $\text{FeVO}_4/\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$ nanocomposites with different weight percentages (3, 6.25, 12.5, and 25%wt) of FeVO_4 were reported. The FeVO_4 and $\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$ contents played an important role in the photocatalytic activity of the nanocomposite. The 6.25%wt- $\text{FeVO}_4/\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$ photocatalyst exhibited excellent photocatalytic efficiency for the degradation of different organic dyes under visible light irradiation. In addition, it was effective in the reuse, and exhibited good stability after three times of usage. The $\text{O}_2^{\bullet-}$ and h^+ were found to contribute as the main active species in the trapping experiments for the decomposition of RhB under visible-light irradiation. The photocurrent response of the 6.25%wt- $\text{FeVO}_4/\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$ photoanode was ca. 3.7 times higher than that of the pure $\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$. The improved photogenerated charge separation in the $\text{FeVO}_4/\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$ nanocomposite was mainly responsible for the enhanced photocatalytic activity, which was supported by photoluminescence spectra. Owing to notable enhancements in the photocatalytic dye degradation and the photoelectrochemical property of the $\text{FeVO}_4/\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$ heterojunction, it is potentially applicable to the field of environmental remediation as well as solar water splitting.

Keywords : $\text{FeVO}_4/\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$, $\text{CuInS}_2/\text{m-BiVO}_4$, Photocatalyst, Photoelectrochemical, Photodegradation, Composite, Heterojunction

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : MRG6080270

ชื่อโครงการ : วัสดุผสมชนิดใหม่ของคอปเปอร์อินเดียมซัลไฟด์และโลหะวานาเดตโครงสร้างนาโนสามมิติที่มีประสิทธิภาพสูงในการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงและเคมีไฟฟ้าเชิงแสง

ชื่อนักวิจัย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุลาวัลย์ ขาวผ่อง
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail Address : sulawank@gmail.com and sulawan.k@cmu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 3 เมษายน 2560 – 2 เมษายน 2562

วัสดุคอมโพสิตของคอปเปอร์อินเดียมซัลไฟด์/โมโนคลินิกบิสมาทวานาเดตชนิดใหม่ ($\text{CuInS}_2/\text{m-BiVO}_4$) ที่มีอัตราส่วนโดยมวลต่างกัน (CuInS_2 ต่อ m-BiVO_4 เท่ากับ 1:3 1:1 และ 3:1) ถูกสังเคราะห์ด้วยวิธีแผ่นรังสีไมโครเวฟแบบรอบตามด้วยกระบวนการปรับปรุงด้วยความร้อน และทดสอบความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เร่งปฏิกิริยาด้วยแสงของสารตัวอย่างเพื่อการย่อยสลายทางแสงของสารประกอบอินทรีย์ (เมทิลลีนบลู โรดามีน บี เมทิลออเรนจ์) ภายใต้การฉายแสงที่มองเห็นได้ พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง $\text{CuInS}_2/\text{m-BiVO}_4$ ที่มีอัตราส่วนโดยมวลเท่ากับ 1:3 สามารถย่อยสลายเมทิลลีนบลูด้วยการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงได้มากกว่า CuInS_2 หรือ m-BiVO_4 คุณสมบัติไฟฟ้าเคมีทางแสงของ $\text{CuInS}_2/\text{m-BiVO}_4$ ขั้วรับแสง ที่วัดค่าได้โดยโวลแทมเมทรีแบบเพิ่มศักย์กับวงจรในอัตราเร็วคงที่ แสดงให้เห็นว่าขั้วรับแสงวัสดุคอมโพสิตมีความหนาแน่นของกระแส และค่าความต่างศักย์ที่มีการเปลี่ยนแปลงกระแสอย่างชัดเจนสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ ขั้วรับแสง m-BiVO_4 ซึ่งการเพิ่มขึ้นของการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงและคุณสมบัติไฟฟ้าเคมีทางแสงของ $\text{CuInS}_2/\text{m-BiVO}_4$ สามารถอธิบายได้ว่า $\text{CuInS}_2/\text{m-BiVO}_4$ ไม่เพียงแต่เพิ่มการดูดกลืนแสงในช่วงแสงที่มองเห็นได้ แต่การเกิดโครงสร้างรอยต่อเฮเทอโรจังก์ชันยังช่วยส่งเสริมการเกิดอิเล็กตรอนและโฮลที่ถูกกระตุ้นด้วยโฟตอน

เช่นเดียวกันยังช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการแยกและเคลื่อนย้ายของประจุระหว่างผิวที่อยู่ติดกันของ CuInS_2 และ m-BiVO_4 อีกด้วย

วัสดุนาโนคอมโพสิตของเฟอริกวานาเดต/บิสมาทออกไซด์ไฮโดรไซด์ชนิดใหม่ ($\text{FeVO}_4/\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$) ที่มีร้อยละโดยน้ำหนักแตกต่างกัน (3 6.25 12.5 และ 25%wt) ของ FeVO_4 ถูกรายงาน ซึ่งปริมาณของ FeVO_4 และ $\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$ มีความสำคัญในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาดำเนินการด้วยแสงของวัสดุนาโนคอมโพสิต โดยตัวเร่งปฏิกิริยาดำเนินการด้วยแสง $\text{FeVO}_4/\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$ ที่มีร้อยละโดยน้ำหนักเท่ากับ 6.25 มีประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาดำเนินการด้วยแสงที่ยอดเยี่ยมสำหรับการย่อยสลายของสีย้อมอินทรีย์ที่แตกต่างกันภายใต้การฉายแสงที่มองเห็นได้ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการนำกลับมาใช้ใหม่และแสดงความเสถียรภาพที่ดีหลังการใช้งานซ้ำสามครั้ง โดยจากการทดลองการตรวจจับอนุพันธ์ที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาพบว่า $\text{O}_2^{\bullet-}$ และ h^+ เป็นอนุพันธ์หลักและมีส่วนในการช่วยสลายตัวของโรดามีน บี ภายใต้การฉายแสงที่มองเห็นได้ การตอบสนองการสร้างกระแสไฟฟ้าภายใต้การฉายแสงของซีวแอโนดรับแสง $\text{FeVO}_4/\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$ ที่มีร้อยละโดยน้ำหนักเท่ากับ 6.25 มีค่าสูงกว่า $\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$ ถึง 3.7 เท่า การเพิ่มขึ้นของกระบวนการการเร่งปฏิกิริยาดำเนินการด้วยแสงนี้เป็นผลจากการแยกกันของประจุที่ถูกกระตุ้นด้วยโฟตอน que เพิ่มขึ้นในวัสดุนาโนคอมโพสิต $\text{FeVO}_4/\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$ ซึ่งมียืนยันจากโฟโตลูมิเนสเซนส์สเปกตรัม เนื่องจากการเพิ่มคุณภาพที่โดดเด่นในการย่อยสลายสีย้อมด้วยการเร่งปฏิกิริยาดำเนินการด้วยแสงและคุณสมบัติไฟฟ้าเคมีทางแสงของ $\text{FeVO}_4/\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$ อาจประยุกต์ใช้ในการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมและการแยกน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ได้

Keywords : $\text{FeVO}_4/\text{Bi}_7\text{O}_9\text{I}_3$, $\text{CuInS}_2/\text{m-BiVO}_4$, ตัวเร่งปฏิกิริยา, เคมีไฟฟ้าเชิงแสง, การย่อยสลายเชิงแสงคอมโพสิต, รอยต่อเฮเทอโร