

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: MRG6180236

ชื่อโครงการ: การพัฒนาวัสดุผสมตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสงไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ปรับปรุงผิว-รีดิวซ์กราฟีนออกไซด์-ซีเรียมออกไซด์ เพื่อใช้ในการเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเชื้อเพลิงด้วยแสงอาทิตย์

ชื่อนักวิจัย: ผศ.ดร.ปานไพลิน สีสหราช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail Address: panpailin.se@kmitl.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 2 ปี

เนื่องจากการเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ให้เป็นเชื้อเพลิงที่เป็นประโยชน์สามารถช่วยลดภาวะโลกร้อนได้ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสงแบบรอยต่อผสม (heterojunction photocatalysts) ระหว่างไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ผ่านการปรับปรุงผิว (modified TiO_2) รีดิวซ์กราฟีนออกไซด์ (rGO) และซีเรียมออกไซด์ (CeO_2) เพื่อใช้ในการเปลี่ยน CO_2 และน้ำให้เป็นเมทานอล (CH_3OH) และเอทานอล ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสงเริ่มจากการปรับปรุงผิวอนุภาค TiO_2 ด้วยวิธีโซโนเคมีร่วมกับวิธีแยกชั้นผลึก (sono-assisted exfoliation) เพื่อให้เกิดการลอกของแผ่นนาโนที่ผิวภายนอก ซึ่งทำได้โดยการผ่านคลื่นอัลตราโซนิกความเข้มสูง (ultrasonic horn, 20 kHz, 150 W/cm²) ลงในตัวกลางสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10 โมลาร์ (10 M NaOH) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งส่งผลทำให้อนุภาค TiO_2 มีพื้นที่ผิวและดูดซับแสงได้เพิ่มขึ้น มีอัตราการรวมตัวกันของอิเล็กตรอนและโฮล (electron-hole recombination rate) ที่ลดลง จึงมีสมบัติการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสงที่ดีขึ้น จากนั้นได้ทำการเติม 0.75 wt% rGO และ 1 wt% CeO_2 ลงใน TiO_2 ที่ผ่านการปรับปรุงผิวเพื่อเพิ่มสมบัติในการแยกตัวของประจุ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน และการดูดซับ CO_2 ผลที่ได้พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแบบรอยต่อผสม modified TiO_2 /rGO/ CeO_2 มีประสิทธิภาพในการผลิตเมทานอลเป็น 641 $\mu\text{mol/g}_{\text{cat h}}$ และเอทานอลเป็น 271 $\mu\text{mol/g}_{\text{cat h}}$ ซึ่งมีค่ามากกว่า TiO_2 บริสุทธิ์เกือบ 7 เท่า โดยสมบัติการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสงที่ดีขึ้นมีสาเหตุมาจากการมีพื้นที่ผิวสัมผัสที่แข็งแรงระหว่างวัสดุ rGO CeO_2 และแผ่นนาโน TiO_2 ที่ช่วยให้ประจุสามารถเคลื่อนที่ไปเกิดปฏิกิริยากับแก๊สที่ดูดซับบนพื้นผิวได้ดีขึ้น อีกทั้งการเคลื่อนที่ของประจุแบบหลายขั้นตอนเนื่องจากผลของการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสงแบบรอยต่อผสมยังสามารถลดอัตราการรวมตัวกันของอิเล็กตรอนและโฮลได้

คำสำคัญ: วิธีโซโนเคมีร่วมกับวิธีแยกชั้นผลึก ตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสง ไทเทเนียมไดออกไซด์ การเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

Abstract

Project Code: MRG6180236

Project Title: Development of surface modified TiO₂-rGO-CeO₂ composites for photocatalytic CO₂ conversion to solar fuels

Investigator: Asst.Prof.Dr.Panpailin Seeharaj, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

E-mail Address: panpailin.se@kmitl.ac.th

Project Period: 2 years

Converting CO₂ to usable fuel may contribute to lowering of global warming, thus this study developed effective heterojunction photocatalysts for the photoreduction of CO₂ with water into methanol and ethanol fuels. The photocatalysts were prepared from combining surface modified titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles with reduced graphene oxide (rGO) and cerium oxide (CeO₂). The TiO₂ surfaces were firstly modified via the sono-assisted exfoliation, with high intensity ultrasonic waves (ultrasonic horn, 20 kHz, 150 W/cm²) in 10 M NaOH for 1 h. Highly reactive nanosheets delaminated from outer surfaces of the primary TiO₂ crystals leading to an increase in specific surface active area, light absorption and decrease in electron-hole recombination rate, which enhanced photocatalytic activity. Then, 0.75 wt% rGO and 1 wt% CeO₂ were incorporated into the surface modified TiO₂ to promote photogenerated charge separation, electron mobility and CO₂ absorptivity. The modified TiO₂/rGO/CeO₂ photocatalysts exhibited superior photocatalytic performance by producing methanol at 641 $\mu\text{mol/g}_{\text{cat}}\text{h}$ and ethanol at 271 $\mu\text{mol/g}_{\text{cat}}\text{h}$, almost 7 times higher than rates from pure TiO₂. The significant improvement in CO₂ photoconversion activity was mainly attributed to the high interfacial contact area and strong connection between the reactive delaminated TiO₂ nanosheets, rGO and CeO₂, which, in turn, facilitated the flow of large number of photogenerated charge carriers to react with the absorbed species, and the multi-step charge transportation due to the heterojunction effect that effectively retarded electron-hole recombination.

Keywords: Sono-assisted exfoliation; photocatalyst; titanium dioxide; CO₂ photoconversion