การวิเคราะห์และศึกษาสมบัติของวัสดุคาร์บอนที่เจือปนด้วยไอออนและไนโตรเจนเพื่อการประยุกต์ใช้ด้านพลังงานแสงอาทิตย์

Characterizations and property study of nitrogen-doped nanomaterials for solar energy harvesting applications

ธีรพล ธุระกิจเสรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

งบประมาณ 350,000 บาท ระยะเวลาดำเนินงาน 1 ปี

จุดเด่นโครงการ :

(1) การสร้างแนวคิดใหม่ในการเจือท่อนาคาร์บอนด้วยไนโตรเจน

(2) การปรับเปลี่ยนโครงสร้างของไนโตรเจนเป็นวิธีหนึ่งในการควบคุมสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของท่อนาโนคาร์บอนที่เจือด้วยไนโตรเจน

(3) การสร้างวิธีการใหม่ในการเตรียมวัสดุสำหรับนำมาทำเป็นส่วนประกอบเซลล์แสงอาทิตย์

มิติการนำไปใช้ประโยชน์

- [x] เชิงวิชาการ
- [ ] เชิงพาณิชย์
- [ ] เชิงนโยบาย
- [ ] เชิงสาธารณะ
- [ ] เชิงชุมชนและพื้นที่

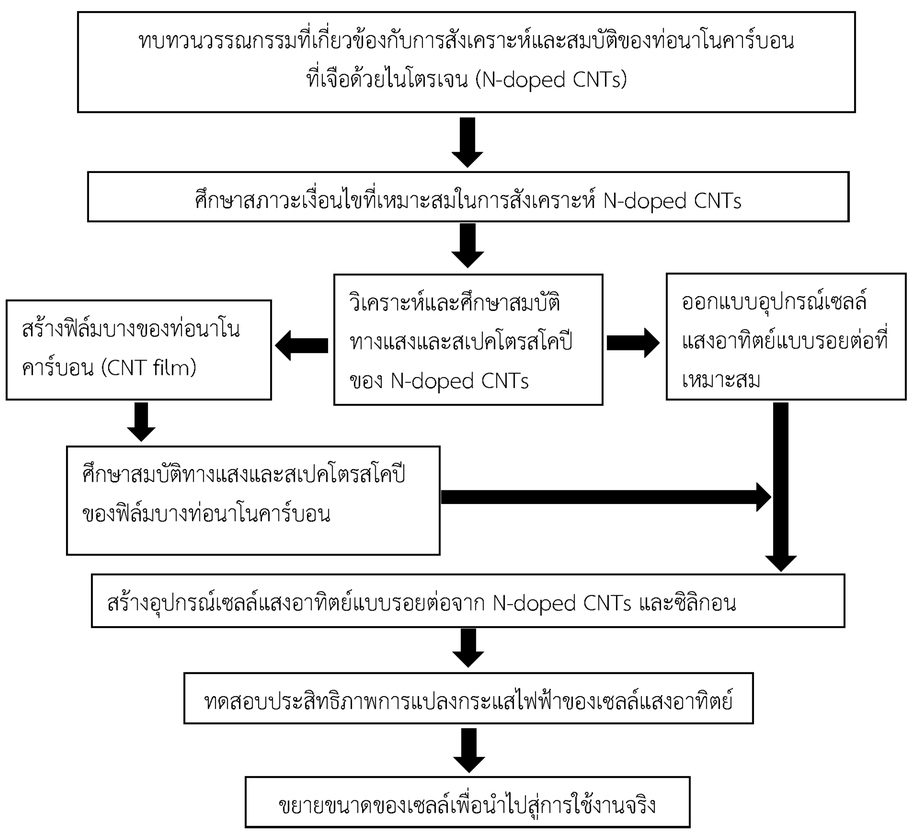
ที่มาและความน่าสนใจของการวิจัย

การเปลี่ยนคุณสมบัติของท่อนาโนคาร์บอนเพื่อให้เหมาะกับการประยุกต์ทางด้านเซลล์แสงอาทิตย์สามารถโดยการเจือปนสารอื่นเข้าไปให้เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างท่อนาโนคาร์บอน ซึ่งสามารถทำได้ทั้งหลังหรือระหว่างการสังเคราะห์ การเจือสารหลังการสังเคราะห์เป็นการเจือธาตุที่ต้องการลงไปในสารตัวอย่างโดยให้องค์ประกอบของธาตุนี้เกาะบนพื้นผิวของท่อหรืออาจทำได้โดยการส่องผ่านไอออนหรือพลาสมาของธาตุที่ต้องการเจือโดยตรงบนท่อนาโนคาร์บอน ซึ่งวิธีการนี้ไม่จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการอื่นเพิ่มเติม ทำให้ได้สารตัวอย่างที่สะอาดและปราศจากสิ่งปนเปื้อนนอกเหนือจากธาตุที่เจือปน ธาตุที่ใช้เจือที่เป็นที่นิยมใช้กัน คือ ไนโตรเจน เนื่องจากการแทรกตัวของไนโตรเจนในโครงสร้างตาข่าย sp^2 ของคาร์บอนนั้นสามารถเปลี่ยนสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของท่อนาโนให้เป็นได้ทั้ง *p*-type และ *n*-type ขึ้นอยู่กับโครงสร้างพันธะระหว่างอะตอมไนโตรเจนและคาร์บอน งานวิจัยนี้ ได้นำเสนอวิธีการเจือแบบใหม่ด้วยวิธีการฉายรังสีให้กับโมเลกุลของก๊าซไนโตรเจน (N_2) ทำให้โมเลกุลเกิดการแตกตัวเป็นไอออนแล้วแทรกตัวเข้าไปในโครงสร้างของท่อนาโนคาร์บอน วิธีการเจือแบบใหม่นี้สามารถดำเนินการได้สะดวกจึงเป็นวิธีที่น่าสนใจในการประยุกต์ใช้ทั้งทางด้านอิเล็กทรอนิกส์หรือเซลล์แสงอาทิตย์

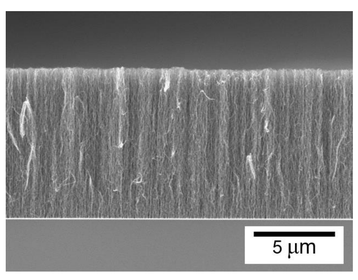
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติของวัสดุคาร์บอนเมื่อผ่านการเจือปนด้วยไอออนและไนโตรเจน
2. เพื่อนำวัสดุคาร์บอนที่เจือปนด้วยไอออนและไนโตรเจนไปประยุกต์กับเซลล์แสงอาทิตย์

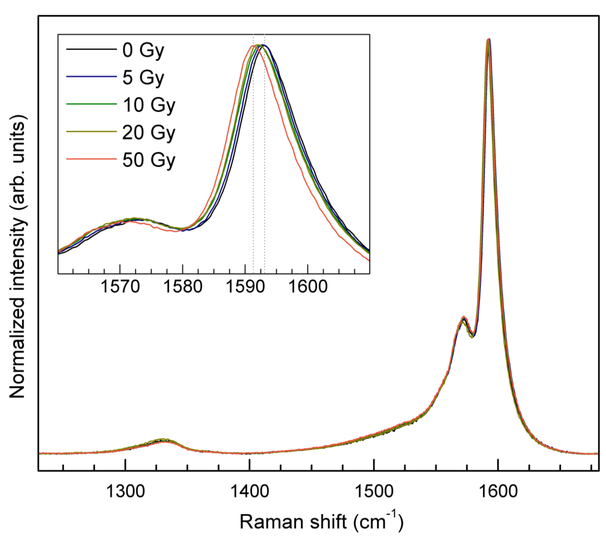
กระบวนการศึกษาวิจัย



ผลการศึกษาวิจัยและวิจารณ์การวิจัย



ภาพถ่าย SEM ของ SWCNTs ที่สังเคราะห์จากเอธานอลบริสุทธิ์ ซึ่งโครงสร้างกายภาพของสารตัวอย่างนี้อยู่ในรูปแบบการโตขึ้นในแนวตั้งที่มีความหนาหนาของฟิล์มประมาณ 9 μm

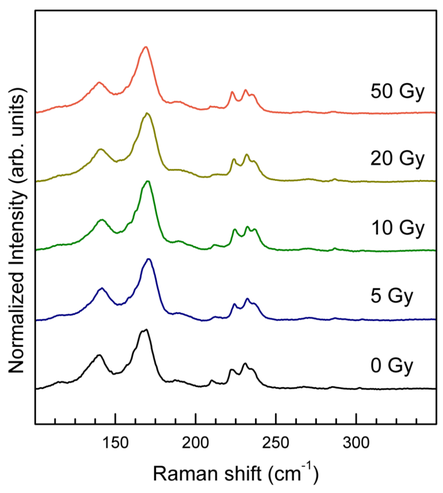


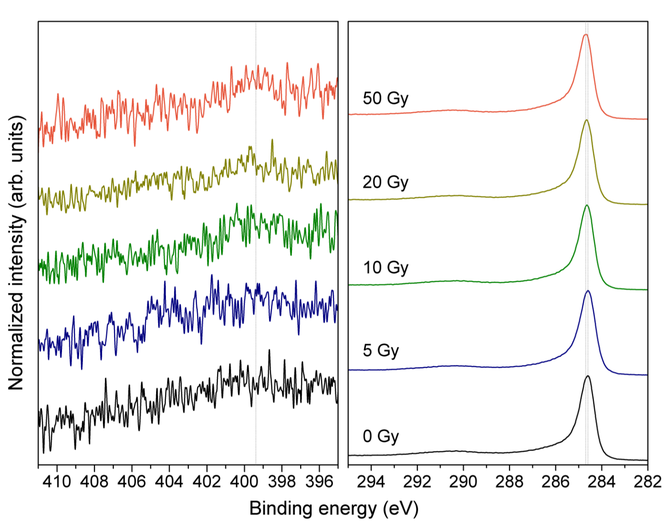
ความกว้างของ G-band เพิ่มขึ้นและมีการเลื่อนตำแหน่งไปทางความถี่ต่ำตามปริมาณรังสีอีกด้วย การเปลี่ยนแปลงความกว้างของ G-band นี้ เกิดขึ้นจากการสั่นของโฟนอนเนื่องจากอะตอมต่างชนิดกัน การเลื่อนตำแหน่งของ G-band ไปทางความถี่ต่ำประมาณ 1.5 cm^{-1} อาจเกิดจากการส่งผ่านประจุของวาเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมไนโตรเจนที่ถูกเจือเข้าไปไปยังสถานะ π^* ของอะตอมคาร์บอน

สำหรับพีคที่เกิดจากการสั่นพ้องแบบ Fano (Fano resonance) หรือ Breit-Wigner-Fano (BWF) นั้นเกิดขึ้นน้อยมากในช่วงการสั่นพ้องของท่อนาโนแบบสารกึ่งตัวนำแสดงถึงการสั่งพ้องที่ลดลงของท่อนาโนชนิดตัวนำภายใต้ความยาวคลื่นกระตุ้นที่ 532 nm

ผลการศึกษาวิจัยและวิจารณ์การวิจัย

RBM เกิดขึ้นในช่วง 100-400 cm^{-1} แสดงลักษณะเฉพาะของท่อนาโนคาร์บอนผนังเดี่ยว การสั่นพ้องของสัญญาณ RBM ที่ได้จากท่อนาโนที่มีขนาดเล็กเกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานลำดับที่ 2 ของท่อนาโนชนิดสารกึ่งตัวนำ (E^S_{22}) ดังจะเห็นได้จากพีค BWF ที่มีความเข้มต่ำ





ตำแหน่งพีคที่แน่นอนของ C1s เกิดขึ้น ณ ตำแหน่ง 284.4 eV การเลื่อนตำแหน่งของ C1s ไปทางพลังงานสูงเกิดขึ้นประมาณ 0.1 eV พร้อมกับการขยายตัวของความกว้างพีค ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากรามานสเปคตรัม อาจเกิดจากการเจือชนิด *n* (*n*-doping) โดยการทำพันธะโควาเลนท์ของไนโตรเจนที่เข้าไปในโครงสร้าง

พลังงานพันธะของไนโตรเจนหรือ N1s ถูกตรวจวัดในช่วง 391 – 411 eV พลังงานพันธะของ N_2 ที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่ง 404 eV นั้น ไม่ปรากฏสัญญาณในทุกกรณีแสดงว่า N_2 ไม่ได้ถูกดูดซับบนผนังของท่อนาโนคาร์บอนระหว่างการฉายรังสีในขณะที่สัญญาณจากโครงสร้างไนโตรเจนแบบ substitutional และ pyridinic ไม่ค่าอ่อนมาก ๆ หลังการฉายรังสี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปี งบประมาณ 2563 และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปี งบประมาณ 2561 (MRG6180085)

ผลผลิตของโครงการวิจัย

- วิธีแบบใหม่การในการเจือท่อนาโนคาร์บอนด้วยไนโตรเจน
- แนวทางในการสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์
- ฐานข้อมูลในการวิเคราะห์สมบัติของท่อนาโนคาร์บอนที่เจือด้วยไนโตรเจน

ผลลัพธ์

- ได้รับการเผยแพร่องค์ความรู้ผ่านที่ประชุมวิชาการในระดับนานาชาติ
- วัสดุนาโนคาร์บอนต้นแบบที่ใช้สำหรับสร้างเซลล์แสงอาทิตย์

ผลกระทบ

- เครือข่ายความร่วมมือกับนักวิจัยต่างสถาบันในระดับนานาชาติ
- องค์ความรู้และนวัตกรรมที่สามารถนำไปใช้ในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์