

ชื่อโครงการ ผลของการตอบสนองต่อแสงของวัสดุนาโนคาร์บอน

แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้ ประเภท ส่งเสริมนักวิจัย

ประจำปีงบประมาณ 2557 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2556 ถึง กันยายน 2557

ชื่อ – สกุล หัวหน้าโครงการ ดร. ประธาน บุณศิริ

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ – สกุล ผู้ร่วมโครงการวิจัย นางสาวพิชญ์สินี สุวรรณแพทย์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

รีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ (T-rGO) เป็นวัสดุคาร์บอนซึ่งถูกสังเคราะห์ขึ้นด้วยวิธีทางเคมีและการรีดักชันด้วยความร้อน เพื่อใช้ในการศึกษาสมบัติการตอบสนองทางแสงในช่วงที่ตามองเห็น จากการตรวจสอบคุณลักษณะด้วยรามานสเปกโตรสโคปีของฟิล์ม T-rGO บน Si/SiO₂ พบ G- และ D-peaks ชัดเจนที่ตำแหน่ง 1603.7 cm⁻¹ และ 1346.3 cm⁻¹ ตามลำดับ สามารถตรวจสอบลักษณะพื้นผิวได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และสามารถหาความหนาของ T-rGO เฉลี่ย <2 nm ได้จากภาพ AFM ที่น่าสนใจคือ สมบัติทางแสงวัดด้วยโฟโตลูมิเนสเซนซ์สเปกโตรสโคปี ใช้ $\lambda_{\text{ex}} = 325$ nm (3.81 eV) ที่อุณหภูมิ 11 K แสดงการปลดปล่อยพลังงานในช่วงกว้างที่ตามองเห็นได้ ซึ่งแสดงถึงลักษณะ sp² cluster คล้ายโครงสร้างนาโนของอะมอร์ฟัสคาร์บอน ตำแหน่ง peak สูงสุดที่ 560 nm (2.21 eV) แสดงการหลงเหลือของ disorder และ defects ใน T-rGO หลังจากการทำการรีดักชัน ซึ่งสอดคล้องกับตำแหน่ง D-peak ที่ยังคงชัดเจนในสเปกตรัมรามาน นอกจากนี้ ฟิล์มบาง T-rGO ถูกสร้างเป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจจับแสงเลเซอร์ไดโอดกำลังแสง <1000 mW ที่มีความยาวคลื่น 450 nm, 532 nm และ 632 nm โดยมีการป้อนกระแส DC ให้แก่วงจร 0.5 mA จากผลการวัดพบว่า มีการตอบสนองทางไฟฟ้าต่อแสงเลเซอร์ทันทีที่ถูกกระตุ้นและคืนสภาพได้ทันทีเช่นกัน สังเกตค่าการตอบสนองจากความต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปแบบ real-time โดยขึ้นอยู่กับความถี่ของแสง แสงที่มีความถี่สูงโดยเฉพาะแสงสีฟ้าจะมีการตอบสนองมากที่สุด ตามมาด้วยสีเขียว และสีแดง ตามลำดับ ซึ่งโครงการวิจัยนี้คาดว่าจะนำมาพัฒนาต่อเป็นตัวตรวจจับแสงที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็วและมีความเสถียรต่อไปได้ในอนาคต

คำสำคัญ : รีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์, วัสดุคาร์บอน, การตอบสนองทางแสง

Research Title : Light radiation effect on carbon nanostructured materials

Researcher : Dr. Prathan Buranasiri

Department of Applied Physics, Faculty of Science,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Research Assistant : Phitsini Suvarnaphaet

Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University

ABSTRACT

Thermally reduced graphene oxide (T-rGO), a carbon-nanostructured material, was prepared from chemical and thermal reduction process for performing the photosensing in a visible range. Raman spectrum of the synthesized T-rGO thin film on Si/SiO₂ was observed strong intensity of two-major peaks, D-peak at 1603.7 cm⁻¹ and G-peak at 1346.3 cm⁻¹. The film morphology was observed by optical microscopy and was also determined the average thickness of T-rGO sheets <2 nm by AFM. Interestingly, the low-temperature PL spectrum of T-rGO thin film showed two-broad visible emission peaks, which have been similar to those of the presence of sp² domains in nanostructured amorphous carbons. Moreover, this strong broad band positioned at 560 nm (2.21 eV) was consistent with the remaining disorder induced defect states as shown at D-peak in Raman spectrum. In the application, the T-rGO was applied for photosensing to incident laser diodes with high power <1000 mW at wavelengths of 450 nm, 532 nm and 632 nm. By applying 0.5 mA of DC current, the T-rGO sensor exhibited very fast response and fast recovery depending on the frequency of laser. The photosensing was investigated by measuring its resistance changes with incidence of laser beam with different frequencies in real-time. The higher frequency provided the more resistance change, especially that of the blue color. From the results above, the development of photosensors with high photosensitivity and stable response would be further proposed.

Keywords : Thermally reduced graphene oxide, Carbon-nanostructured material, Photosensing.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานนี้เป็นรายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัยผลของการตอบสนองต่อแสงของวัสดุนาโนคาร์บอน ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณเงินรายได้ ประเภทส่งเสริมนักวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2557

ผู้ดำเนินโครงการวิจัยขอขอบคุณ ดร.ปิยะพงษ์ อะสะนิธิ และดร.ชุมพล เหลืองชัยศรี อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ วัสดุสารเคมีในการสังเคราะห์ เครื่องมือวิเคราะห์ทางไฟฟ้า และให้คำปรึกษาข้อชี้แนะ ในการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และคุณณัฐพากย์ พรอนันต์รัตน์ นักศึกษาช่วยวิจัย ที่ให้ความช่วยเหลือในการสร้างเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในกระบวนการสร้างอุปกรณ์ตอบสนองทางแสง

ผู้ดำเนินโครงการวิจัยขอขอบคุณ ดร.ศุภนิจ พรธีระภัทร หัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัย และคุณจุฑาเพชร เวชรังษี นักวิจัย ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีโฟโตนิกส์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่ให้คำปรึกษาการวิเคราะห์ทางแสง และให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องโฟโตลูมิเนสเซนส์สเปกโตรสโคปี

สุดท้ายผู้ดำเนินโครงการวิจัยขอขอบคุณวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องรามานสเปกโตรสโคปี

ดร. ประธาน บุรณศิริ

นางสาวพิชญ์สินี สุวรรณแพทย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 แกรฟีน สมบัติ และการสังเคราะห์	4
2.1.1 การสังเคราะห์แกรฟีนด้วยวิธี Sonication	7
2.1.2 การสังเคราะห์แกรฟีนด้วยวิธีรีดักชันจากแกรฟีนออกไซด์	8
2.2 การประยุกต์ใช้ทางแสงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.2.1 การดูดซับแสงของแกรฟีน (Optical absorption)	9
2.2.2 การศึกษาทางแสงจาก Photoluminescence	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	18
3.1 การเตรียมนาโนแกรไฟต์ด้วยวิธี Sonication	18
3.1.1 วัสดุและวิธีการ	18
3.1.2 การวิเคราะห์สมบัติของวัสดุ	18
3.2 การเตรียมรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ด้วยวิธีทางเคมี	19
3.2.1 วัสดุและวิธีการ	19
3.2.2 การวิเคราะห์สมบัติของวัสดุ	20
3.3 การศึกษาสมบัติทางแสงด้วย Photoluminescence spectroscopy (PL)	22
3.4 การวัดการตอบสนองต่อแสงด้วยการทดลองอย่างง่าย	22
บทที่ 4 ผลการวิจัย	24

4.1 ผลการวิจัย	24
4.2 วิจารณ์ผล	28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	30
5.1 สรุปผลการวิจัย	30
5.2 ข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก	34
ภาคผนวก ก สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย	35
ประวัตินักวิจัย	36

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

1 การดำเนินการวิจัย 1 ปี

2

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 อัญรูปของสารโครงสร้างคาร์บอน (a) แกรฟีน (2 มิติ), (b) แกรไฟต์ (3 มิติ), (c) คาร์บอนนาโนทิวป์ (1 มิติ) และ (d) ฟูลเลอร์รีน (0 มิติ)	4
2 Electronic dispersion ของแลตทิซหกเหลี่ยมในแกรฟีน ซึ่งมีแถบพลังงานของอิเล็กตรอนและโฮลสัมผัสกันที่จุดดิแรก	5
3 แผนภาพแสดงวิธีการสังเคราะห์แกรฟีน	6
4 แผนภาพแสดงวิธีการสังเคราะห์แกรฟีนด้วยวิธี Sonication	7
5 ภาพจาก AFM โหมด non-contact ของแผ่นแกรฟีนออกไซด์และความหนาที่ตำแหน่งต่างๆ	8
6 แสดงโครงสร้างแผ่นคาร์บอนในกระบวนการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันของ มีหมู่ไฮดรอกซิลแทรกระหว่างชั้นของแกรไฟต์เรียกแกรไฟต์ออกไซด์ จากนั้นลอกชั้นของแกรไฟต์ออกไซด์ในน้ำหรือในตัวทำละลายชั้นเดียวที่หลุดลอกมาเรียก แกรฟีนออกไซด์ เมื่อทำปฏิกิริยารีดักชันกับ hydrazine hydrate (N_2H_4) จะได้รีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์	9
7 แผนภาพพลังงานแสดงการดูดกลืนโฟตอนและกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยแสงย่านฟลูออเรสเซนซ์และฟอสฟอเรสเซนซ์	11
8 (a) ภาพ SEM ลักษณะฟิล์มอะมอร์ฟัสคาร์บอนซึ่งเป็นลักษณะของนาโนคริสตัล (b) สเปกตรัม PL ซึ่งใช้เลเซอร์กระตุ้นที่มีความยาวคลื่น 488 nm และฟิตด้วยฟังก์ชัน Gaussian (c) สเปกตรัม PL ที่อุณหภูมิห้องของรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์และแกรฟีนออกไซด์	12
9 โครงสร้างของอุปกรณ์แกรฟีนออปโตอิเล็กทรอนิกส์ : (a), (b), (c) โซลาร์เซลล์จากสารอินทรีย์, สารอินทรีย์ และสีย้อมไวแสง ตามลำดับ (d) ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ (OLED) และ (e) อุปกรณ์ตรวจจับแสง	15
10 จอสัมผัสและหน้าต่างอัจฉริยะจากแกรฟีน : (a) จอสัมผัสแบบ Resistive, (b) จอสัมผัสแบบ Capacitive, (c) โครงสร้างหน้าต่างอัจฉริยะแกรฟีน PDLC, (d) หน้าต่างอัจฉริยะแกรฟีน/คาร์บอนนาโนทิวป์ขณะ OFF และ ON	16
11 (a) นาโนแกรไฟต์ในน้ำ DI เมื่อ sonicate เป็นเวลา 120 ชั่วโมง, (b) ภาพถ่ายจากกล้อง OM ของ (a) ที่เตรียมลงบน Si/SiO ₂ wafer กำลังขยาย 1,000 เท่า,	19

(c) แสดงสเปกตรัมรามานของนาโนแกรไฟต์ที่ผ่านการ sonication เปรียบเทียบกับของแกรไฟต์ที่ใช้เป็นสารตั้งต้น (d) ภาพ AFM แสดงความขรุขระของนาโนแกรไฟต์และความหนา

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	(a) แกรไฟต์ออกไซด์ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยวิธีฮัมเมอร์ (b) ภาพจาก OM แสดงฟิล์มบางรีดิวซ์แกรฟีนบน Si/SiO ₂ หลังอบที่อุณหภูมิ 250°C (C) สเปกตรัมรามานฟิล์มบางรีดิวซ์แกรฟีนของรูป (b) และ (d) ภาพจาก AFM แสดงลักษณะผิวของฟิล์มบางและความหนา <2 nm	21
13	การทดลองอย่างง่ายสำหรับวัดผลการตอบสนองต่อแสง	23
14	สเปกตรัม PL ของฟิล์มบางนาโนแกรไฟต์ แสดงความเข้มของพลังงานแสงที่ปล่อยออกมาเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 325 nm (3.81 eV)	24
15	ผลการตอบสนองต่อแสงสีฟ้า (450 nm) และแสงสีแดง (632 nm) ของนาโนแกรไฟต์ เมื่อเปิด (ON) และปิด (OFF) แสงเลเซอร์	25
16	สเปกตรัม PL ของฟิล์มบางรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ แสดงความเข้มของพลังงานแสงที่ปล่อยออกมาเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 325 nm (3.81 eV)	26
17	ผลการตอบสนองต่อแสงสีฟ้า (450 nm) และแสงสีเขียว (532 nm) ของรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ เมื่อเปิด (ON) และปิด (OFF) แสงเลเซอร์	27
18	ผลการตอบสนองต่อแสงสีฟ้า (450 nm) และแสงสีเขียว (532 nm) ของรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ จำนวน 5 รอบการตอบสนอง	28