ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
245689

การพัฒนาตัวตรวจวัดก๊าซมลพิษจากอุตสาหกรรม โดยใช้ท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่ได้จากผลพลอยได้ของไบโอดีเซล

โดย

ธวัชชัย ชรินพาณิชกุล
อภินันท์ สุทธิธารธวัช

โครงการวิจัยเลขที่ 115G-CHEM-2554
ทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพฯ

พฤศจิกายน 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่รับผิดชอบต่อผลเสียใดๆ อันอาจเกิดจากการนำความคิดเห็นในเอกสารฉบับนี้ไปใช้ ความคิดเห็นที่ปรากฏในเอกสารเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นความคิดเห็นของคณะฯ

b00250652

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
245689

05120758

การพัฒนาตัวตรวจวัดก๊าซมลพิษจากอุตสาหกรรม โดยใช้ท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่ได้จากผลพลอยได้ของไบโอดีเซล

โดย

ธวัชชัย ชรินพาณิชกุล D.Eng. (The University of Tokyo)
อภินันท์ สุทธิธารธวัช Ph.D. (Tottori University)

โครงการวิจัยเลขที่ 115G-CHEM-2554
ทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพฯ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

พฤศจิกายน 2554

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อสรุปผลงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาตัวตรวจวัดก๊าซมลพิษจากอุตสาหกรรม โดยใช้ท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่ได้จากผลพลอยได้ของไบโอดีเซล โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินอุดหนุนทั่วไปจากรัฐบาล ประจำปีงบประมาณ 2554 ตามสัญญาเลขที่ GRB_APS_13_54_21_01 ซึ่งมีงบดำเนินการ 450,000 บาท (สี่แสนห้าหมื่นบาทถ้วน) ทั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และผู้เกี่ยวข้องที่ให้ทุนวิจัยดังกล่าวมา ณ ที่นี้ด้วย

บทคัดย่อภาษาไทย

ชื่อโครงการวิจัย การพัฒนาตัวตรวจวัดก๊าซมลพิษจากอุตสาหกรรมโดยใช้ท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่ได้จากผลพลอยได้ของไบโอดีเซล

ชื่อผู้วิจัย รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพาณิชกุล และ อ.ดร. อภินันท์ สุทธิธารธวัช

เดือนและปีที่ทำวิจัยเสร็จ กันยายน 2554

245689

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการวิจัยพัฒนาวิธีการสังเคราะห์อนุภาคคาร์บอนระดับนาโนเมตร โดยใช้กลีเซอรีนซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้สัดส่วนโดยโมลของกลีเซอรอล และเฟอร์โรซีนที่แตกต่างกัน จากผลการวิจัยพบว่าการสังเคราะห์ ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส โดยทำการเพิ่มปริมาณกลีซอล์รอลซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนแล้วควบคุมปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาให้คงที่จะทำให้อนุภาคท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่ได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น แต่ความยาวของอนุภาคมีค่าลดลง และมีปริมาณปริมาณคาร์บอนที่ไร้รูปร่างมากขึ้น เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาไม่เพียงพอที่จะทำให้กลุ่มอะตอมคาร์บอนเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ทั้งหมด

ในขั้นตอนการเตรียมพอลิเมอร์ประกอบแต่งของท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตร และพอลิเมทิลเมตะไครเลทได้ด้วยการเติมท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรลงไปในพอลิเมทิลเมตะไครเลทระหว่างการเกิดการปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเมทิลเมตะไครเลท จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของพอลิเมอร์ประกอบแต่งพบว่าท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่เติมลงไปในพอลิเมทิลเมตะไครเลทจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านความคงทนต่อความร้อนของพอลิเมทิลเมตะไครเลทบริสุทธิ์ และเมื่อเพิ่มปริมาณของท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรเข้าไปในพอลิเมทิลเมตะไครเลทจะทำให้โครงข่ายของท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบมากขึ้น

ในส่วนหลักของโครงการวิจัยซึ่งเป็นการพัฒนาตัวตรวจวัดก๊าซที่ทำจากพอลิเมอร์ประกอบแต่งของท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตร และ พอลิเมทิลเมตะไครเลทโดยที่ใช้วิธี Screen printing เมื่อนำตัวตรวจวัดก๊าซไปทำการวิเคราะห์ค่าความต้านทานไฟฟ้าเริ่มต้นของตัวตรวจวัดก๊าซพบว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อปริมาณของท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่เติมลงไปในพอลิเมทิ เมตะไครเลทบริสุทธ์สูงขึ้น เนื่องจากท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรเกิดการพาดต่อกันจนเป็นโครงข่ายที่จัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ ทำให้ไฟฟ้าไหลผ่านได้มากยิ่งขึ้น เมื่อนำตัวตรวจวัดก๊าซ ไปสัมผัสกับไอของโทลูอีนพบว่าความต้านทานไฟฟ้าสูงขึ้นเนื่องจากไอของโทลูอีนแพร่เข้าไปในเมทริกซ์ของพอลิเมทิลเมตะไครเลทจนทำให้พอลิเมทิลเมตะไครเลทเกิดการ Swelling ขึ้น นอกจากนี้ไอของโทลูอีนยังไปทำลายโครงข่ายของท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรทำให้ไฟฟ้าไหลผ่านได้น้อยลงส่งผลให้การนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปซึ่งสามารถแปลผลออกมาเป็นปริมาณก๊าซที่ตรวจวัดได้

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

Project Title Fabrication of pollutant gas sensor using carbon nanotubes obtained from by-product of biodiesel

Name of the Investigators Assist. Prof. Tawatchai Charinpanitkul and Dr. Apinan Soottitantawat

Year September, 2011

245689

Abstract

In this research project, synthesis of carbon nanotubes from a mixture of ferrocene and glycerine, which is a by-product of biodiesel production process, has been conducted by varying the molar ratio of glycerine to ferrocene. It was found that at 850°C, the increase in the glycerine as the carbon source resulted in the elevated production of carbon nanotubes of which diameters became bigger with shorter length. The increase in amorphous carbon was also detected with the increase in the glycerine molar ratio because of the insufficient iron catalyst amount.

Preparation of carbon nanoparticle/PMMA composite could be achieved by adding the synthesized carbon nanotubes into MMA. Based on thermal analyses, the prepared composites exhibited an improved thermal stability when compared with bare PMMA. With an increase in the amount of carbon nanotubes, the network of entangling carbon nanotubes became more aligned, leading to a significant increase in electrical conductivity of the composite material.

In the main part of the research project, gas sensors containing polymeric composite of the synthesized carbon nanotubes and PMMA were fabricated using screen printing method. Based on electrical analyses, the initial impedance of the fabricated sensors was strongly dependent upon the content of carbon nanotubes added into the composites. The higher content of the carbon nanotubes were, the lower the initial impedance was. This is resulted from the formation of entangling carbon nanoparticle network which could enhance the electron transfer. After being exposed to toluene, the electrical impedance of the fabricated sensor became higher due to the penetration of toluene into the matrix of PMMA, resulted in the swelling of polymer which destroyed the entangling carbon nanoparticle network and increased the electron transfer resistance. Therefore, such change of the electrical impedance of the sensor could be interpreted as the adsorbed gas amount, which could be employed for gas detecting application.

สารบัญ

หน้า

บทที่

1 บทนำ 1

1.1. บทนำ 1

1.2. ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย 1

1.3. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของโครงงานวิจัย 2

2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

3 วิธีดำเนินงานวิจัย 12

3.1 สารเคมี 12

3.2 การเตรียมอุปกรณ์ทดลองเพื่อสังเคราะห์ท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตร 13

3.3 ขั้นตอนการทดลองเตรียมท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตร 14

3.4 ตัวแปรที่ศึกษาในการสังเคราะห์ 15

3.5 การเตรียมพอลิเมอร์ประกอบแต่งสำหรับประยุกต์ใช้เป็นตัวตรวจวัดก๊าซ 15

3.6 ขั้นตอนการทดลองความสามารถในการตรวจวัดก๊าซ 16

3.7 เครื่องมือวิเคราะห์ 19

4 ผลการดำเนินการวิจัย 22

4.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของอนุภาคคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่สังเคราะห์ได้ 22

4.2 คุณสมบัติด้านความคงทนต่อความร้อนของพอลิเมอร์ประกอบแต่ง 34

4.3 พันธะเคมีของพอลิเมอร์ประกอบแต่ง 35

4.4 การจัดเรียง และการกระจายตัวของท่อคาร์บอนในเมทริกซ์ของพอลิเมอร์ 36

4.5 การเกิด Swelling ของพอลิเมอร์ประกอบแต่ง 38

4.6 การนำไฟฟ้าของพอลิเมอร์ประกอบแต่ง..... 39

4.7 การตรวจวัดก๊าซของตัวตรวจวัดก๊าซ..... 40

5 สรุปผลการวิจัย..... 45

เอกสารอ้างอิง 47

ภาคผนวก 50

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

3.1 ชุดเครื่องมืออุปกรณ์การทดลอง..... 13

3.2 แผนภาพอุปกรณ์ในการเตรียมพอลิเมอร์ประกอบแต่งสำหรับ
ใช้เป็นตัวตรวจวัดก๊าซ..... 16

3.3 แผนภาพอุปกรณ์สำหรับทดลองวัดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของ
ตัวตรวจวัดก๊าซ..... 17

3.4 ภาพถ่ายอุปกรณ์สำหรับทดลองวัดค่าการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของ
ตัวตรวจวัดก๊าซ..... 17

3.5 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม RS-232-PC กับคอมพิวเตอร์..... 18

3.6 Field Emission Scanning Electron Microscopy (JEOL รุ่น JSM-6400) 19

3.7 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) (รุ่น 1760x)..... 20

3.8 Thermal gravimetric analysis (รุ่น Q600)..... 21

4.1 SEM ไมโครกราฟของอนุภาคคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่สังเคราะห์ได้
ที่ตำแหน่งต้นท่อที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียสอัตราส่วนโดยโมลระหว่าง
กลีเซอรอลต่อเฟอร์โรซีนเป็น 5 ต่อ 1 อัตราการไหลก๊าซอาร์กอน
เป็น 50 มิลลิลิตรต่อนาที..... 23

หน้า

รูปที่

4.2 SEM ไมโครกราฟของอนุภาคคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่สังเคราะห์ได้ ที่ตำแหน่งต้นท่อ ที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลระหว่าง กลีเซอรอลต่อเฟอร์โรซีนเป็น 5 ต่อ 1 อัตราการไหล ก๊าซอาร์กอน เป็น 50 มิลลิลิตรต่อนาที..... 23

4.3 SEM ไมโครกราฟของอนุภาคคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่สังเคราะห์ได้ ที่ตำแหน่งต้นท่อ ที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลระหว่าง กลีเซอรอลต่อเฟอร์โรซีนเป็น 5 ต่อ 1 และอัตราการไหลก๊าซอาร์กอน เป็น50 มิลลิลิตรต่อนาที..... 24

4.4 SEM ไมโครกราฟของ อนุภาคคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่สังเคราะห์ได้ ตำแหน่งกลางท่อ อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลระหว่าง กลีเซอรอลต่อเฟอร์โรซีนเป็น 5 ต่อ 1 อัตราการไหลก๊าซอาร์กอน เป็น 50 มิลลิลิตรต่อนาที..... 25

4.5 SEM ไมโครกราฟของ อนุภาคคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่สังเคราะห์ได้ ตำแหน่งกลางท่อ ที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลซียส อัตราส่วนโดยโมลระหว่าง กลีเซอรอลต่อเฟอร์โรซีนเป็น 5 ต่อ 1 อัตรา การไหลก๊าซอาร์กอน เป็น 50 มิลลิลิตรต่อนาที..... 25

หน้า

รูปที่

4.6 SEM ไมโครกราฟของอนุภาคคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่สังเคราะห์ได้ ที่ตำแหน่งปลายท่อ ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลระหว่าง กลีเซอรอลต่อเฟอร์โรซีนเป็น 5 ต่อ 1 อัตรา การไหลก๊าซอาร์กอน เป็น50 มิลลิลิตรต่อนาที..... 26

4.7 SEM ไมโครกราฟของอนุภาคคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่สังเคราะห์ได้ ที่ตำแหน่งปลายท่อ ที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียสอัตราส่วนโดยโมลระหว่าง กลีเซอรอลต่อเฟอร์โรซีนเป็น 5 ต่อ 1 และอัตราการ ไหลก๊าซอาร์กอน เป็น 50 มิลลิลิตรต่อนาที..... 27

4.8 SEM ไมโครกราฟของอนุภาคคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่สังเคราะห์ได้ ที่ตำแหน่งปลายท่อ ที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลระหว่าง กลีเซอรอลต่อเฟอร์โรซีนเป็น 5 ต่อ 1 อัตราการไหลก๊าซอาร์กอน เป็น 50 มิลลิลิตรต่อนาที..... 27

4.9 TEMไมโครกราฟของ ท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่สังเคราะห์ได้ซ ที่ตำแหน่งกลางท่อ ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียสอัตราส่วนโดยโมลระหว่าง กลีเซอรอลต่อเฟอร์โรซีนเป็น 5 ต่อ 1 อัตราการไหลก๊าซอาร์กอน เป็น 50 มิลลิลิตรต่อนาที..... 29

หน้า

รูปที่

4.10 TEM ไมโครกราฟของกำลังขยายสูงแสดงชั้นผนังของท่อคาร์บอน ระดับนาโนเมตรที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลระหว่าง กลีเซอรอลต่อเฟอร์โรซีนเป็น 5 ต่อ 1 อัตราการไหลก๊าซอาร์กอน เป็น 50 มิลลิลิตรต่อนาที..... 29

4.11 ความหนาของแต่ละชั้นผนังของท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตร..... 30

4.12 TEM ท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่สังเคราะห์ได้ ที่ตำแหน่งกลางท่อ ที่อุณหภูมิ 1000 องศา เซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลระหว่างกลีเซอรอลต่อ เฟอร์โรซีนเป็น 5 ต่อ 1 อัตราการไหลก๊าซอาร์กอนเป็น 50 มิลลิลิตรต่อนาที..... 31

4.13 TEM ไมโครกราฟของแคปซูลคาร์บอนระดับนาโนเมตรที่สังเคราะห์ได้ ที่ตำแหน่งปลายท่อ ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียสอัตราส่วนโดยโมลระหว่าง กลีเซอรอลต่อเฟอร์โรซีนเป็น 5 ต่อ 1 อัตราการไหลก๊าซ อาร์กอน เป็น50 มิลลิลิตรต่อนาที..... 31

4.14 ขนาดของอนุภาคบริเวณต้นท่อควอทซ์ต่ออุณหภูมิไพโร ไลซิส32

4.15 ขนาดของอนุภาคบริเวณกลางท่อควอทซ์ต่ออุณหภูมิไพโร ไลซิส33

4.16 ขนาดของอนุภาคบริเวณปลายท่อควอทซ์ต่ออุณหภูมิไพโร ไลซิส33

4.17 การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความคงทนต่อความร้อนของพอลิเมอร์ ประกอบแต่งด้วย TGA..... 34

หน้า

รูปที่

4.18 การวิเคราะห์องค์ประกอบและโครงสร้างด้วย FTIR; (ก) พอลิเมทิล เมตะไครเลทบริสุทธิ์ (ข) พอลิเมทิลเมตะไครเลทประกอบแต่งด้วย ท่อคาร์บอน 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก..... 35

4.19 การวิเคราะห์การจัดเรียงและกระจายตัวของท่อคาร์บอนระดับ นาโนเมตรในเมทริกซ์ของพอลิเมทิลเมตะไครเลท; (ก) 2.0 เปอร์เซ็นต์ (ข) 2.5 เปอร์เซ็นต์ (ค) 3.0 เปอร์เซ็นต์ (ง) 3.5 เปอร์เซ็นต์ของ ท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรโดยน้ำหนัก..... 37

4.20 การเกิด Swelling ของพอลิเมอร์ประกอบแต่งที่มีปริมาณท่อคาร์บอน ระดับนาโนเมตร 2.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก..... 38

4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานไฟฟ้าของพอลิเมอร์ประกอบแต่งกับ ปริมาณของท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรในเมทริกซ์ของพอลิเมอร์..... 39

4.22 การเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าของพอลิเมอร์ประกอบแต่งที่มี ปริมาณท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตร 2.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อสัมผัส กับไอของโทลูอีนความเข้มข้น 500 ppm ที่อุณหภูมิคงที่ 40 องศาเซลเซียส..... 40

4.23 การเกิดปริมาตรอิสระเมื่อมีการแทรกซึมของไอสารระเหยเข้าไป ภายในเนื้อพอลิเมอร์..... 41

4.24 การจัดเรียงตัวใหม่ของสายโซ่พอลิเมอร์และท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตร เมื่อไอของสารระเหยแพร่เข้าไปในพอลิเมอร์ประกอบแต่ง..... 42

หน้า

รูปที่

4.25 การจัดเรียงของท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรในพอลิเมอร์ประกอบแต่ง
เมื่อมีไอของสารอินทรีย์แพร่เข้าไป..... 44