

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือทำการสร้าง microfluidic three-electrode electrochemical biosensor chip โดยมีฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรเป็นขั้วทำงาน สำหรับการตรวจวัดทางชีวภาพและการแปลงสัญญาณจากปฏิกิริยาเคมีให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ฟิล์มบางคาร์บอนคล้ายเพชรถูกเตรียมด้วยเทคนิคการตกสะสมไอระเหยทางเคมีของแก๊สมีเทนและไฮโดรเจนที่คลื่นความถี่วิทยุ (RF-PECVD) ลงบนกระจกสไลด์และแผ่นซิลิกอน ซึ่งได้ทำการเจือไนโตรเจนลงในฟิล์มเพื่อเพิ่มความสามารถในการนำไฟฟ้า การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีไฟฟ้าของฟิล์มที่สังเคราะห์ขึ้นใช้เทคนิคดังนี้ (1) Raman spectroscopy เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างของฟิล์ม (2) UV/Visible spectroscopy สำหรับการหาค่าช่องว่างในแถบพลังงาน (3) การวัดมุมที่ผิวสัมผัสระหว่างฟิล์มและหยดน้ำเพื่อตรวจสอบสมบัติความชอบน้ำบนพื้นผิวของฟิล์ม (4) attenuated total reflectance-Fourier transform infrared (ATR-FTIR) สำหรับการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของฟิล์ม และ (5) การทดสอบด้วยเทคนิค cyclic voltammetry กับสารรีดอกซ์มาตรฐาน $\text{Fe(CN)}_6^{3-}/\text{Fe(CN)}_6^{4-}$ เพื่อศึกษาปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นระหว่างอิเล็กโทรดและสารรีดอกซ์ สำหรับ polydimethylsiloxane (PDMS) microfluidic three-electrode cell chip ที่สร้างขึ้นประกอบด้วย ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรเป็น working electrode เงินเป็น reference electrode และ ทองเป็น counter electrode โดยได้เชื่อมต่อ glucose oxidase บนพื้นผิวของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรอิเล็กโทรดภายในชิปด้วยพันธะโควาเลนต์ โดยใช้ EDC/NHS ซึ่งผลการตรวจวิเคราะห์น้ำตาลกลูโคสได้แสดงให้เห็นว่า microfluidic chip ที่สร้างขึ้นสามารถตรวจจับกลูโคสแบบ mediator-free ได้

Abstract

This work aims to construct a prototype microfluidic chip-based electrochemical sensor system that employs diamond-like carbon (DLC) electrodes as the working electrodes used for biosensor probing and electronic transduction of chemical reactions. DLC thin films are prepared on glass slides and silicon substrates by radio frequency plasma enhanced chemical vapor deposition (RF-PECVD) using a gas mixture of methane and hydrogen. Doping the films with nitrogen has also been performed in order to improve the electrical conductivity. Certain physical and electrochemical properties of the films are obtained using the following characterization techniques: (1) Raman spectroscopy to investigate the film structures, (2) UV/Visible spectroscopy to determine the optical band gap energies, (3) contact angle measurements to evaluate the surface hydrophilicity of the films, (4) attenuated total reflectance-Fourier transform infrared (ATR-FTIR) spectroscopy to acquire the information of chemical functional groups presented on the films' surfaces, and (5) cyclic voltammetry measurements with a standard redox species ($\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}/\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$) to study the electrode kinetics. The polydimethylsiloxane (PDMS) microfluidic three-electrode cell chip comprises of a DLC working electrode, a silver reference electrode, and a gold counter electrode. On-chip immobilization of glucose oxidase (GOx) at the DLC surfaces is realized through a covalent linkage through EDC/NHS chemistry. The results indicate that a mediator-free amperometric detection of glucose can be achieved with this device.