DEVELOPMENT OF ELECTROSPUN NANOFIBER MODIFIED DISPOSABLE ELECTRODE FOR BIOSENSOR APPLICATIONS

Pongpol Ekabutr

A Dissertation Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
and Case Western Reserve University
2014

Thesis Title:	Development of Electrospun Nanofiber Modified Disposable Electrode for Biosensor Applications
By:	Pongpol Ekabutr
Program:	Polymer Science
Thesis Advisors:	Prof. Pitt Supaphol

Accepted by The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy.

..... College Dean
(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:

..... (Asst. Prof. Pomthong Malakul)

..... (Prof. Pitt Supaphol)

..... (Prof. Orawon Chailapahul)

..... (Prof. Anuvat Sirivat)

..... (Asst. Prof. Thanyalak Chaisuwan)

..... (Dr. Pimolpun Niamlang)

ABSTRACT

5392001063: Polymer Science Program
Pongpol Ekabutr: Development of Electrospun Nanofiber Modified Disposable Electrode for Biosensor Applications.
Thesis Advisors: Prof. Pitt Supapol 145 pp.
Keywords: Electrospining/ Nanofiber/ Graphene/ Carbon nanotube/ Glucose/ Dopamine/ Carbon screen-printed electrode/ Vapor-phase/ Polymerization/ Carbonization

A new type of biosensor was fabricated using a carbonized hybrid gold (Au)/graphene (G) nanowire and vapor-phase polymerization of conductive polymer constructed on a disposable screen-printed carbon electrode (SPCE). Electrospinning, carbonization and conductive polymeric coating processes were combined to achieve the selective and sensitive determination of biomolecules such as glucose (GU) and dopamine (DA). Scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM) and X-ray diffraction (XRD) were used to characterize the surface morphology and physical properties of the electrospun products. The basic characterization of electrochemical behavior of the various modified electrodes in $[Fe(CN)_6]^{3-/4-}$ was studied by cyclic voltammetry (CV) and Electrochemical impedance spectroscopy (EIS). The results show that modified electrodes exhibited drastically high current response compared to unmodified electrode. Moreover, the various methods of electrochemical studies; amperometry (APM), square-wave voltammetry (SWV) and differential pulse voltammetry (DPV) were used to systematically measure and optimize the oxidation current of biological analyses. Finally, the linear current response to biological concentrations, sensitivity, limit of detection (LOD) and interfering studies. The modified electrode could be a promising candidate for use as a high-potential electrode, representing a new approach for the selective and sensitive determination of biological products with long-term sensor stability.

บทคัดย่อ

พงศ์พล เอกบุตร : การพัฒนาวัสดุตรวจจับสารชีวภาพด้วยเส้นใยระดับนาโนที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยกระบวนการปั่นเส้นใยไฟฟ้าสถิตย์บนขั้วไฟฟ้าแบบใช้แล้วทิ้ง (Development of Electrospun Nanofiber Modified Disposable Electrode for Biosensor Applications) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศ. ดร. พิชญ์ ศุภผล 131 หน้า

การพัฒนาวัสดุตรวจจับสารชีวภาพด้วยเทคนิค คาร์บอนไนไซชัน (carbonization) และการเคลือบผิวเส้นใยด้วยพอลิเมอร์นำไฟฟ้าในสถานะไอ (vapor-phase polymerization) บนขั้วไฟฟ้าคาร์บอนแบบใช้แล้วทิ้ง โดยกระบวนการดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงผิวขั้วไฟฟ้า ส่งผลให้ขั้วไฟฟ้ามีความว่องไวต่อปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมีของสารตรวจวัด เช่น น้ำตาลกลูโคสและโดพามีน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เส้นใยระดับนาโนที่พัฒนาขึ้นนี้จะถูกศึกษาสมบัติทางกายภาพด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy (SEM) Transmission Electron Microscopy (TEM) และ X-ray diffraction (XRD) ตามลำดับ หลังจากนั้นเส้นใยนาโนจะถูกนำไปปรับปรุงพื้นผิวของขั้วไฟฟ้าทำงาน โดยขั้วไฟฟ้าที่ผ่านการปรับปรุงผิวจะถูกศึกษาพฤติกรรมทางไฟฟ้าเคมีโดยใช้เทคนิคไซคลิกโวแทมเมททรี (cyclic voltammetry) และอิมพิแดนซ์อิเล็กโทรสโคปี (electrochemical impedance spectroscopy) จากผลการทดลองพบว่าขั้วไฟฟ้าที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยเส้นใยนาโนมีการตอบสนองต่อสัญญาณไฟฟ้าที่สูงกว่าขั้วไฟฟ้าที่ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงผิวอย่างชัดเจน นอกจากนี้เทคนิคกระบวนการวัดทางไฟฟ้าเคมีอื่นๆ เช่น เทคนิคแอมเพอโรเมททรี (amperometry) เทคนิคสแควเวฟโวแทมเมททรี (square-wave voltametry) และเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์โวลทาเมตรี (differential pulse voltametry) ได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารตรวจวัดชีวภาพอย่างเหมาะสม โดยในงานวิจัยจะทำการศึกษา ค่าช่วงความเข้มข้นของการตรวจวัดที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear current response) ความว่องไวของการตรวจวัด (sensitivity) ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัด (limit of detection) และสภาพแวดล้อมที่รบกวนต่อสัญญาณการตรวจวัด (interfering studies) ซึ่งจากผลการทดลองทั้งหมดจะเห็นได้ว่า ขั้วไฟฟ้าที่ผ่านการปรับปรุงด้วยเส้นใยระดับนาโนด้วยวิธีต่างๆ มีศักยภาพในการนำมาพัฒนาขั้วไฟฟ้าที่มีความว่องไวและมีความเสถียรภาพสูง

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported in part by (1) The Chulalongkorn University Dutsadi Phiphat Scholarship, and (2) Prof. Orawon Chailapakul, Electrochemistry and Optical Spectroscopy research unit, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Thailand. We are thankful to Prof. Schwank's research group, University of Michigan, USA for the use of their muffle oven.

Finally, I would like to thank to my adviser; Prof. Pitt Supaphol and Prof. Orawon Chailapakul for everything including research funds and useful suggestions which can drastically support my researches.

This thesis work is funded by The Petroleum and Petrochemical College; and the National Center of Excellence for Petroleum, Petrochemicals, and Advanced Materials, Thailand.

TABLE OF CONTENTS

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

CHAPTER III

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

CHAPTER IV

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

CHAPTER V

CHAPTER VI