PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLYPYRROLE FILMS FOR GAS SENSOR APPLICATION

Ms. Walaiporn Prissanaroon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College
Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma
and Case Western Reserve University
1998

ISBN 974-638-517-8

Thesis Title	:	Preparation and Characterization of Polypyrrole Films for Gas Sensor Applications
By	:	Ms. Walaiporn Prissanaroon
Program	:	Polymer Science
Thesis Advisors	:	Assoc. Prof. Anuvat Sirivat Prof. Johannes Schwank

---

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in patial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science.

.....Director of the College
(Prof. Somchai Osuwan)

Thesis Committee

.....
(Assoc. Prof. Anuvat Sirivat)

.....
(Prof. Johannes Schwank)

.....
(Dr. Rathanawan Magaraphan)

ABSTRACT

962016 : POLYMER SCIENCE PROGRAM

KEY WORDS : Conductive Polymer / Specific conductivity / Polypyrrole / Gas Sensor

Walaiporn Prissanaroon: Preparation and Characterization of Polypyrrole Films for Gas Sensor Application. Thesis Advisors: Prof. Johannes Schwank and Assoc. Prof. Anuvat Sirivat, 85 pp. ISBN 974-638-517-8

Polypyrole (PPy), a conductive polymer, was synthesized chemically by using dodecylbenzene sulfonic acid (DBSA) as the dopant and ammoniumpersulfate (APS) as the oxidant. PPy films were prepared by casting the solution of PPy dissolved in m-cresol on a glass slide. The doping level of doped PPy was controlled by the DBSA concentration used and determined by elemental analysis. The spectra of FT-IR and UV-VIS light absorption of the soluble PPy indicated that both the sulfate anion and the bipolaron absorptions respectively increased with the doping level. The morphology of DBSA-doped PPy at low doping levels had a granular appearance but changed into a fibrillar type at higher doping levels. The conductivity was found to increase with temperature in N_2 atmosphere in agreement with the variable hopping process theory. However, at low temperatures and doping levels, the opposite behavior occurred due to the free volume expansion which tended to retard the electron hopping process. The specific conductivity of DBSA-doped PPy films increased with SO_2 concentration in the range of 500 - 2500 ppm. In SO_2 atmosphere, we found that the conductivity increased with temperature at low temperatures, indicating semiconductor behavior. But at high temperatures, the conductivity decreased with temperature possibly due to desorption of SO_2 molecules from polypyrrole chains.

บทคัดย่อ

วลัยพร ปฤษณารุณ : การเตรียมและทดสอบคุณสมบัติของฟิล์มพอลิไพรอลเพื่อใช้ในการตรวจวัดก๊าซ (Preparation and Characterization of Polypyrrole Films for Gas Sensor Application) อ.ที่ปรึกษา : Prof. Johannes Schwank และ รศ. ดร. อนุวัฒน์ ศิริวัฒน์ 85 หน้า ISBN 974-638-517-8

พอลิไพรอล (Polypyrrole) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์นำไฟฟ้าชนิดหนึ่งถูกสังเคราะห์ทางเคมีโดยใช้ โดเดซิลเบนซีนซัลโฟนิค แอซิด (Dodecylbenzene sulfonic acid) เป็นสารโด๊ป และแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (Ammoniumpersulfate) เป็นสารออกซิแดนซ์ ฟิล์มพอลิไพรอลถูกเตรียมโดยการเทสารละลายพอลิไพรอลซึ่งมีเอ็ม-ครีซอล (m-cresol) เป็นตัวทำละลายลงบนแผ่นกระจกสไลด์ ระดับการโด๊ปของฟิล์มพอลิไพรอลซึ่งวิเคราะห์โดยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ (Elemental Analyzer) สามารถถูกควบคุมโดยความเข้มข้นของโดเดซิลเบนซีนซัลโฟนิคแอซิด อินฟาเรดและยูวี-วิสิเบิลสเปกตรัมชี้ให้เห็นว่าการดูดกลืนแสงของซัลเฟตแอนไอออนและไบโพลารอน (Bipolaron) เพิ่มขึ้นตามระดับการโด๊ป นอกจากนั้นพอลิไพรอลที่มีระดับการโด๊ปต่ำจะมีสัญฐานวิทยาเป็นแบบเม็ดกลม และจะเปลี่ยนเป็นชนิดเส้นใยเมื่อระดับการโด๊ปเพิ่มขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าของพอลิไพรอลเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี Variable Hopping Process Theory อย่างไรก็ตามสำหรับที่ระดับการโด๊ปต่ำและอุณหภูมิต่ำ จะเกิดพฤติกรรมตรงกันข้ามเนื่องจากการขยายตัวของปริมาณว่าง (Free volume) เมื่อทดสอบในบรรยากาศของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และในบรรยากาศของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิช่วงต่ำซึ่งแสดงถึงพฤติกรรมของสารกึ่งตัวนำ ในขณะที่อุณหภูมิช่วงสูง ค่าการนำไฟฟ้าจะลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่โมเลกุลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์บางส่วนหลุดออกจากสายโซ่โพลิไพรอล

ACKNOWLEDGMENTS

The author would like to gratefully acknowledges all professors who have taught her at the Petroleum and Petrochemical College, Chulalogkorn University, especially those in the Polymer Science Program.

She greatly appreciates the efforts of her research advisors, Professor Johannes Schwank, Department of Chemical Engineering, University of Michigan and Associate Professor Anuvat Sirivat of the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University for their constructive criticisms, suggestions and proof-reading of this manuscript. She would like to give thanks to Dr. Ratthanawan Magaraphan for being a thesis committee member.

She would like to give a special thank for C.P.O. Poon Arjpru, the electrical technician, at the Petroleum and Petrochemical College who helped in the design and fabrication of the four-point probe detector with gas chamber.

The author also thanks all of her friends and the staff at the PPC who encouraged her in carrying out the experiment and this thesis writing. Finally, she is deeply indebted to her presents for their love, understanding, encouragements, and for being a constant source of her inspiration.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER PAGE

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**