

ปรากฏการณ์ขนส่งทางไฟฟ้า ในพอลิเมอร์โรลที่สังเคราะห์แบบเคมี



นายประสพชัย วิริยะศรีสุวัฒนา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-756-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015963

I 17/100/192

**Electrical Transport Phenomena in Chemically
Synthesized Polypyrrole**

Mr. Prasopchai Viriyasrisuvattana

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science**

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-756-5



หัวข้อวิทยานิพนธ์ ปรากฏการณ์ขนส่งทางไฟฟ้าในพอลิเมอร์โพลีที่
 สังกะเราะห์แบบเคมี
 โดย นายประสพชัย วิริยะศรีสุวัฒนา
 ภาควิชา ฟิสิกส์
 อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เตชะกำพูน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
 ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
 (ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
 (ศาสตราจารย์ วิชัย หโยคม)

.....
 (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เตชะกำพูน)

.....
 (รองศาสตราจารย์ ดร. ภิญโญ ปันยารชุน)

.....
 (รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เส็งหะพันธ์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมพงศ์ ฉัตรภรณ์)



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิชา

ประสพชัย วิริยะศิริผู้พัฒนา : ปริมาณการขนส่งทางไฟฟ้าในพอลิไพร์โรลที่สังเคราะห์แบบเคมี (ELECTRICAL TRANSPORT PHENOMENA IN CHEMICALLY SYNTHESIZED POLYPYRROLE) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. อนันตลิน เตชะกุลุฬ, 107 หน้า.

ได้ทำการวัดสภาพนำไฟฟ้า (σ) ของพอลิไพร์โรลที่สังเคราะห์โดยวิธีทางเคมีที่อุณหภูมิ (T) ต่าง ๆ ในช่วง 77 K จนถึงอุณหภูมิห้อง การวัดได้กระทำขณะที่อุณหภูมิของสารตัวอย่างเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากผลกระทบของโนโตรเจนเหลวรอบ ๆ ภาชนะปิดมิดชิดซึ่งมีสารตัวอย่างบรรจุอยู่ เพื่อให้ได้ $\sigma(T)$ ที่แม่นยำได้พัฒนาวงจรส่วนเชื่อมต่อ (interface) สำหรับคอมพิวเตอร์ 8 บิต (Apple II) ที่ใช้มีระอบการวิจัยนี้ พร้อมทั้งยังได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ควบคุมขั้นตอนการทดลอง บันทึกผลและแสดงผลเป็นกราฟอีกด้วย

ในการวิจัยพบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln \sigma$ และ $T^{-1/2}$ มีลักษณะเป็นเส้นตรง แสดงว่าการนำไฟฟ้าของพอลิไพร์โรลที่สังเคราะห์โดยวิธีทางเคมีเกิดขึ้นโดยกระบวนการกระโดด (hopping mechanism) เหมือนกับในพอลิไพร์โรลที่สังเคราะห์โดยวิธีทางไฟฟ้าเคมี จากการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบคของสารพบว่าได้ค่าใกล้เคียงกับค่าของสารที่สังเคราะห์โดยวิธีทางไฟฟ้าเคมี และพบว่า ฐานะนำไฟฟ้า เป็นชนิดบวกสอดคล้องกับปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งใช้ในการเตรียมพอลิไพร์โรลนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วัสดุศาสตร์
สาขาวิชา วัสดุศาสตร์
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Ocha Jom



PRASOPCHAI VIRIYASRISUVATTANA : ELECTRICAL TRANSPORT PHENOMENA IN CHEMICALLY SYNTHESIZED POLYPYRROLE, THESIS ADVISOR : ASSO, PROF, ANUNTASIN TECHAGUMPUGH Ph.D, 107 pp.

The electrical conductivity of chemically synthesized polypyrrole was measured at 77 K upto the room temperature. The measurements were performed while the temperature of the sample was continuously increased; this increased caused by gradually evaporation of liquid nitrogen surrounded brass cylinder which enclosed the sample. To obtain the accurate value of conductivity, we constructed the interfacing unit for the 8 bit microcomputer (Apple II) used in this experiment, and also developed the program to control the measurement, to record data and to display the results graphically.

We found that the plots between $\ln \sigma$ and $T^{-1/4}$ established a straight line characteristic similar to those obtained from electrochemically synthesized polypyrrole samples. This indicated that the conduction process in chemically synthesized polypyrrole was controlled by the hopping mechanism.

It was found that the values of Seebeck coefficient of these chemically synthesized samples were roughly the same as those electrochemically synthesized samples. This measurement also indicated that the charge carriers in conduction process were positive charges which agreed with the propose chemical reaction in the polymerization process.

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วัสดุ
สาขาวิชา วัสดุ
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนักศึกษา *Prasopchai Viriyasrisuvattana*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *Anuntasin Techagumpugh*



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเป็นรูปเล่มได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก
ท่านรองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เตชะกำพูน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา
ได้ให้ความช่วยเหลือ แนะนำทั้งทางด้านทฤษฎีและการทดลองที่ประสบในการวิจัย
ครั้งนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

อนึ่ง ผู้เขียนได้รับความช่วยเหลือเกี่ยวกับไนโตรเจนเหลวจาก
ห้องปฏิบัติการสารกึ่งตัวนำ และได้ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ
NMR และห้องปฏิบัติการไฟฟ้า จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๖
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๗
กิตติกรรมประกาศ.....	๘
สารบัญตาราง.....	๙
สารบัญรูป.....	๑๐
บทที่	
1. บทนำและทฤษฎี.....	1
1.1 บทนำ.....	1
1.2 การสังเคราะห์พอลิเมอร์โพลี.....	3
1.3 การนำไฟฟ้าในพอลิเมอร์นำไฟฟ้า.....	7
1.4 ทฤษฎีของ Mott.....	9
1.5 สัมประสิทธิ์ของซีเบค.....	11
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย.....	13
2. การสร้างเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..	14
2.1 การจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้วัดสภาพนำไฟฟ้าที่ อุณหภูมิต่าง ๆ.....	14

บทที่

หน้า

2.2	ภาษาขบวนการตัวอย่าง.....	18
2.3	ภาษาขบวนการจุลินทรีย์ในโทรเจนเหลว.....	20
2.4	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับ คอมพิวเตอร์.....	21
2.5	การเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ ชนิด 8 บิต.....	21
2.6	การต่อเอาต์พุตไอซีเบอร์ 7107 กับพอร์ต ทั้งสามของไอซีเบอร์ 8255.....	26
2.7	วงจรจัดลำดับการวัดความต่างศักย์.....	35
2.8	วงจรขยายสัญญาณ.....	37
2.9	วงจรจ่ายกระแสคงที่.....	39
2.10	ภาษาขบวนการตัวอย่างสำหรับการวัด ลัมปริสทีซีเบค.....	40
3.	การทดลองและผลการทดลอง.....	42
3.1	คุณลักษณะของเทอร์มอคัปเปิล.....	42
3.2	การวัดสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างที่อุณหภูมิ ห้องและอุณหภูมิต่าง ๆ	48
3.2.1	การจัดวางสารตัวอย่าง.....	48
3.2.2	การทดลอง.....	49
3.3	การวัดลัมปริสทีซีเบคที่อุณหภูมิห้อง.....	68

บทที่	หน้า
4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	70
4.1 ภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลว.....	70
4.2 สมการแสดงคุณลักษณะของเทอร์มอคัปเปิล...	71
4.3 การทดสอบวงจรรขยายสัญญาณ.....	71
4.4 การทดสอบการวัดความต่างศักย์ด้วยไอซีเบอร์ 7107.....	72
4.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	73
4.6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	84
 เอกสารอ้างอิง.....	 87
 ภาคผนวก ก.	 91
 ภาคผนวก ข.	 95
 ภาคผนวก ค.	 98
 ภาคผนวก ง.	 101
 ภาคผนวก จ.	 104
 ประวัติผู้เขียน.....	 107

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงอัตราส่วนระหว่างมวลของอะตอมที่เป็นองค์ประกอบของพอลิฟิรโรล	6
2.1	แสดงเลขฐานสิบที่แทนหลักพันและเครื่องหมาย.....	28
2.2	แสดงเลขฐานสิบจากเอาต์พุตของไอซีเบอร์ 7107...	28
2.3	แสดงการทำงานของสวิทช์และสัญญาณต่าง ๆ.....	35
3.1	แสดงคุณลักษณะของเทอร์มอคัปเปิลระหว่างอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) และความต่างศักย์ (mV). อุณหภูมิอ้างอิง = 0°C	42
3.2	แสดงค่าคงที่ x, y, z และ w ในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ.....	44
3.3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจากตาราง 3.1 และการคำนวณ.....	46
3.4	แสดงค่าความต้านทานระหว่างขั้วต่าง ๆ ของสารตัวอย่างหมายเลข 1.....	49
3.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความต่างศักย์ระหว่างขั้วต่าง ๆ ของสารตัวอย่างหมายเลข 1...	51
3.6	แสดงสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างหมายเลข 1 ที่อุณหภูมิห้อง.....	52
3.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างหมายเลข 1 กับอุณหภูมิใด ๆ.....	56
3.8	แสดงค่าความต้านทานระหว่างขั้วต่าง ๆ ของสารตัวอย่างหมายเลข 2.....	59
3.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความต่างศักย์ของสารตัวอย่างหมายเลข 2	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.10	แสดงสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างหมายเลข 2 ที่อุณหภูมิห้อง	60
3.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพนำไฟฟ้าของ สารตัวอย่างหมายเลข 2 กับอุณหภูมิใด ๆ.....	60
3.12	แสดงความต้านทานระหว่างขั้วต่าง ๆ ของ สารตัวอย่างหมายเลข 3.....	64
3.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความต่างศักย์..	64
3.14	แสดงสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างหมายเลข 3 ที่อุณหภูมิห้อง.....	65
3.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพนำไฟฟ้าของสาร ตัวอย่างหมายเลข 3 กับอุณหภูมิใด ๆ.....	65
3.16	แสดงข้อมูลการวัดและลัมประสิทธิ์ซีเบคที่อุณหภูมิห้อง ของสารตัวอย่างพอลิธีร์โรล์.....	69
4.1	แสดงการขยายลิบเท่าของวงจรถายสัญญาณกระแสตรง	71
4.2	แสดงการเปรียบเทียบการวัดความต่างศักย์ด้วย โพเทนชิอิมิเตอร์ และ ไอซีเบอร์ 7107	72
4.3	แสดงค่า T_0 , K_0 , α^{-1} , $N(E_F)$ จากผลการทดลองของ Traver, J.P. และคณะ ...	76
4.4	แสดงค่า T_0 , K_0 , α^{-1} และ $N(E_F)$ ของสารตัวอย่างหมายเลข 1, 2, 3	82
4.5	แสดง η , σ , μ และ D ของสาร ตัวอย่างหมายเลข 1, 2 และ 3	83

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงโครงสร้างของพอลิเมอร์นำไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ...	2
1.2	แสดงผลของชนิดตัวทำละลายต่อสภาพนำไฟฟ้า.....	4
1.3	แสดง ก. แถบพลังงานของพอลิเมอร์ที่ยังไม่โดป ข. สถานะ polaron มีสปิน = 1/2 ค. สถานะ bipolaron มีสปิน = 0 ง. แถบ bipolaron ที่เกิดจากการโดปมาก..	8
1.4	แสดงทิศทางของสนามไฟฟ้ากับ ∇T	12
1.5	แสดงการเกิดความต่างศักย์ที่ปลายร้อนและเย็น	13
2.1	แสดงการวัดสภาพนำไฟฟ้าแบบวน เดอ พาว ก. กระแสไฟฟ้าเข้าขั้ว A ออก B วัดความต่างศักย์ ระหว่างขั้ว C และ D ข. กระแสเข้าขั้ว B ออก C วัดความต่างศักย์ ระหว่างขั้ว A และ D.....	15
2.2	แสดงการจัดเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวัด สภาพนำไฟฟ้าแบบ วน เดอ พาว ที่อุณหภูมิห้อง....	16

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.3	แสดงการจัดเครื่องมือวัดสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ	18
2.4	แสดง ก. ที่วางสารตัวอย่างและก้านยึดที่วางสาร ตัวอย่าง ข. กระบอกทองเหลือง สำหรับบรรจุก้านยึดสารตัวอย่าง.....	19
2.5	แสดงภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลว.....	20
2.6	แสดงส่วนประกอบของไมโครคอมพิวเตอร์.....	22
2.7	แสดงขาต่าง ๆ ของไอซีเบอร์ MCS 6502...	23
2.8	แสดงขาต่าง ๆ ของสลอต.....	23
2.9	แสดงขาต่าง ๆ ของไอซีเบอร์ 8255.....	24
2.10	แสดงการเชื่อมต่อไอซีเบอร์ 8255 กับคอมพิวเตอร์ 8 บิต ชนิด Apple II.....	25
2.11	แสดง ก. การต่อ ภาคแสดงผลเข้ากับเอาต์พุตของ ไอซีเบอร์ 7107 ข. ภาคแสดงผลที่เป็นแอลอีดี ชนิดตัวเลขเจ็ดส่วน.....	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.12	แสดง ก. ผังงานโปรแกรมหลักในการวัดความต่างศักย์ 1 ค่า ข. ผังงานโปรแกรมน้อย A..... 29
2.13	แสดงการต่อขาต่าง ๆ ของไอซีเบอร์ 7107..... 34
2.14	แสดงการต่อวงจรควบคุมการทำงานของสวิตช์..... 35
2.15	แสดง ก. การจัดหาไอซีเบอร์ 741 ข. วงจรขยายสัญญาณโดยใช้ไอซีเบอร์ 741 ต่อแบบกลับ..... 38
2.16	แสดงวงจรจ่ายกระแสที่..... 39
2.17	แสดงการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบค..... 40
2.18	แสดงส่วนประกอบของภาชนะที่วางสารตัวอย่าง ก. รูปหน้าตัดด้านข้าง ข. ส่วนประกอบที่สำคัญ ค. ภาชนะที่วางสารตัวอย่างที่เสร็จแล้ว..... 41
3.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°C) กับ ความต่างศักย์ (mV) ของเทอร์โมคัปเปิลชนิด Chromel-Alumel..... 45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.2	แสดงการจัดวางสารตัวอย่างบนที่วางสารตัวอย่าง.... 49
3.3	แสดงการจัดเครื่องมือเพื่อวัดสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้อง 50
3.4	แสดงการจัดเครื่องมือในการหาสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ ใด ๆ..... 54
3.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma$ กับ $T^{-1/4}$ ของสารตัวอย่างหมายเลข 1 ... 58
3.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma$ กับ $T^{-1/4}$ ของสารตัวอย่างหมายเลข 2... 63
3.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma$ กับ $T^{-1/4}$ ของสารตัวอย่างหมายเลข 3... 67
4.1	ก.ค. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma$ กับ $T^{-1/4}$ ของสารตัวอย่าง ต่าง ๆ ที่ได้ศึกษามาก่อน ข. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma$ กับ $T^{-1/4}$ ของสารตัวอย่าง ต่าง ๆ ในการวิจัยครั้งนี้ 74

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.2	แสดงทิศสนามไฟฟ้าระหว่างขั้วร้อนและขั้วเย็น . . .	75
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(\sigma T^2)$ กับ T^{-2} ของสารตัวอย่างหมายเลข 1	77
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(\sigma T^2)$ กับ T^{-2} ของสารตัวอย่างหมายเลข 2	78
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(\sigma T^2)$ กับ T^{-2} ของสารตัวอย่างหมายเลข 3	79
4.6	แสดงเส้นตรงสองเส้นในกราฟความสัมพันธ์ ระหว่าง $\ln(\sigma T^{1/2})$ กับ $T^{-1/4}$ ของสารตัวอย่างหมายเลข 1	86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย