การวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนของพอลิพิรโรล์ที่สังเคราะห์แบบเคมีที่อุณหภูมิต่างๆ

เรืออากาศเอก วรวุฒิ โตท่าโรง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-825-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

019428 ๑๑๓๙๗๘๘๘

Thermoelectric Power Measurement of Chemically Synthesized Polypyrrole at Various Temperatures

Flight Lieutenant Worawoote Totharong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1992

ISBN 974-581-825-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนของพอลิพิรโรล์ที่สังเคราะห์แบบเคมีที่อุณหภูมิต่างๆ
โดย	เรืออากาศเอก วรวุฒิ โตท่าโรง
ภาควิชา	ฟิสิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.อนันตสิน เตชะกำพุช

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันตสิน เตชะกำพุช)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภิยโย ปันยารชุน)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ยุทธ อัครมาส)

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

วรวุฒิ โตท่าโรง, เรืออากาศเอก : การวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนของพอลิพิรโรล์ที่สังเคราะห์แบบเคมีที่อุณหภูมิต่าง ๆ (THERMOELECTRIC POWER MEASUREMENT OF CHEMICALLY SYNTHESIZED POLYPYRROLE AT VARIOUS TEMPERATURES) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.อนันตสิน เตชะกำพุช, 102 หน้า. ISBN 974-581-825-9

ได้พัฒนาเครื่องมือขึ้นเพื่อวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์ (S_p) ของพอลิพิรโรล์ที่สังเคราะห์โดยวิธีทางเคมี ที่อุณหภูมิ (T) ต่าง ๆ ในช่วง 77 K จนถึงอุณหภูมิห้อง การวัดได้กระทำขณะที่อุณหภูมิของสารตัวอย่างเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากการระเหยของไนโตรเจนเหลวรอบ ๆ ภาชนะปิดมิดชิด ซึ่งมีสารตัวอย่างบรรจุอยู่

ในการวิจัยพบว่าค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์ของพอลิพิรโรล์ตัวอย่างมีค่าเป็นบวกตลอดช่วงอุณหภูมิของการวัด และมีค่าใกล้เคียงกับค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์ของพอลิพิรโรล์ที่สังเคราะห์โดยวิธีทางไฟฟ้า-เคมี แสดงว่าปรากฏการณ์การขนส่งทางไฟฟ้าของพอลิพิรโรล์ทั้ง 2 ชนิดนี้เหมือนกัน จากการวิเคราะห์พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์และอุณหภูมิ มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด เหมือนกับในกรณีของโลหะ และพบว่า พาหะนำไฟฟ้าเป็นชนิดบวก สอดคล้องกับการวิเคราะห์จากปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งใช้ในการเตรียมพอลิพิรโรล์นี้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2535 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม —

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C125376 : MAJOR PHYSICS
KEY WORD : THERMOELECTRIC POWER / POLYPYRROLE / LOW TEMPERATURE MEASUREMENT
WORAWOOTE TOTHARONG, FLT.LT. : THERMOELECTRIC POWER MEASUREMENT OF CHEMICALLY SYNTHESIZED POLYPYRROLE AT VARIOUS TEMPERATURES. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.ANUNTASIN TECHAGUMPUCH, Ph.D. 102 PP.
ISBN 974-581-825-9

The instruments for a study of the absolute thermoelectric power (S_p) of Chemically Synthesized Polypyrrole at various temperatures (T) had been developed. The temperatures measured were between 77 K to room temperature. The measurements were performed while the temperatures of the sample were continuously increased. The increase was caused by the evaporation of liquid nitrogen surrounded brass cylinder which enclosed the sample.

It was found that the values of absolute thermoelectric power of these polypyrrole samples were positive through out this temperature range and roughly the same as those of electrochemically synthesized samples. This proved that the electrical transport phenomena of both polypyrroles were the same. The plot between the absolute thermoelectric powers and temperatures seem to exhibit a straight line which passes through the origin, similar to that of the metal. The results also indicate that the charge carriers in conduction process are positive which agree with the proposed chemical reaction in the polymerization process.

ภาควิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2535 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม –

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์จากท่านรองศาสตราจารย์ ดร.อนันตสิน เตชะกำพุช ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านอย่างดียิ่ง ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ในระหว่างการวิจัยผู้เขียนได้รับความช่วยเหลือเกี่ยวกับไนโตรเจนเหลว จากห้องปฏิบัติการวิจัยสารกึ่งตัวนำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

อนึ่งเนื่องจากผู้เขียนเป็นข้าราชการสังกัดกองทัพอากาศ จึงขอขอบพระคุณท่านผู้บังคับบัญชา นายทหารชั้นผู้ใหญ่ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการศึกษาต่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นาวาอากาศเอก พิเนต ศุกรวรรณ ที่คอยให้กำลังใจ และช่วยเหลือมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณอย่างยิ่งไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สารบัญ(ต่อ)

3. การสร้างเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 42

3.1 คุณสมบัติของพลาตินัมเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง..... 42

3.2 การตรวจสอบเวลาตอบสนองของพลาตินัมเทอร์โมมิเตอร์..... 47

3.3 การจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อน..... 52

3.4 การจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ..... 53

4. การทดลองและผลการทดลอง..... 57

4.1 ขั้นตอนและวิธีการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ.... 57

4.2 ผลการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ของ
สารตัวอย่างพอลิพิรโรล์หมายเลข 2 , 3 และ 4..... 70

5. วิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง..... 77

5.1 ความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้จากการทดลอง..... 77

5.1.1 ภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลว..... 77

5.1.2 พลาตินัมเทอร์โมมิเตอร์..... 78

5.1.3 ค่ากำลังไฟฟ้าความร้อน..... 78

5.1.4 ผลของความแตกต่างของอุณหภูมิของสารต่อการวัด..... 78

5.2 ค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์(S_P) ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์.... 80

5.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง..... 82

5.4 สรุปผลการทดลอง..... 93

5.5 ข้อปรับปรุง..... 98

เอกสารอ้างอิง..... 99

ประวัติผู้เขียน..... 102

สารบัญตาราง

ตารางที่

3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับอุณหภูมิของพลาตินัม เทอร์โมมิเตอร์..... 43

3.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณกับอุณหภูมิ ในตารางที่ 3.1..... 45

3.3 แสดงความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิที่อ่านได้ที่เวลาต่างๆ..... 48

4.1 แสดงผลการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนของสารตัวอย่าง หมายเลข 1 ครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิห้อง(27°C)..... 58

4.2 แสดงผลการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนของสารตัวอย่าง หมายเลข 1 ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 220.8 เคลวิน..... 62

4.3 แสดงผลการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนของสารตัวอย่าง หมายเลข 1 ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 158.8 เคลวิน..... 64

4.4 แสดงผลการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนของสารตัวอย่าง หมายเลข 1 ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 88.8 เคลวิน..... 66

4.5 แสดงผลการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ หมายเลข 1..... 68

4.6 แสดงผลการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ หมายเลข 2..... 70

4.7 แสดงผลการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ หมายเลข 3..... 73

4.8 แสดงผลการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ หมายเลข 4..... 75

5.1 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนของทองแดงในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 100 เคลวิน..... 83

สารบัญตาราง(ต่อ)

5.2 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์ที่อุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่าง พอลิพิรโรล์ หมายเลข 1..... 84

5.3 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์ที่อุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่าง พอลิพิรโรล์ หมายเลข 2..... 86

5.4 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์ที่อุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่าง พอลิพิรโรล์ หมายเลข 3..... 88

5.5 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์ที่อุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่าง พอลิพิรโรล์ หมายเลข 4..... 90

สารบัญรูป

รูปที่

1.1 แสดงสูตรโมเลกุลของพอลิอะเซทีลีน..... 3

1.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง log σ กับ $T^{-1/4}$ 4

1.3 แสดงสูตรโครงสร้างของพิรโรล์และพอลิพิรโรล์..... 5

1.4 แสดงการสังเคราะห์พอลิพิรโรล์โดยวิธีการทางไฟฟ้า-เคมี..... 6

1.5 แสดงโครงสร้างของพอลิพิรโรล์ที่สังเคราะห์โดยวิธีทางไฟฟ้า-เคมี..... 7

2.1 แสดงระบบปิดที่ประกอบด้วย 2 ระบบย่อย..... 15

2.2 แสดงทิศทางของความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าและเกรเดียนท์ของอุณหภูมิใน 1 มิติ..... 21

2.3 แสดงสารตัวนำความยาว l มีเกรเดียนท์ของอุณหภูมิ..... 40

3.1 กราฟแสดงคุณสมบัติของพลาตินัมเทอร์โมมิเตอร์..... 44

3.2 แสดงกราฟระหว่างผลต่างอุณหภูมิ(Δ T) กับเวลา t(s)..... 48

3.3 แสดงการลดของอุณหภูมิที่อ่านได้เข้าสู่อุณหภูมิจริง..... 49

3.4 แสดงกราฟระหว่าง ln Δ T กับ t..... 50

3.5 แสดงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิรอบๆ พลาตินัมเทอร์โมมิเตอร์..... 51

3.6 แสดงการวางอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อน..... 52

3.7 แสดงภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลว..... 54

3.8 แสดงกระบอกทองเหลืองและที่วางสารตัวอย่าง..... 55

4.1 แสดงการจัดวางอุปกรณ์การทดลองสำหรับวัดค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ..... 57

4.2 แสดงกราฟระหว่างค่าความต่างศักย์(Δ V) กับค่าผลต่างของค่าความต้านทาน(Δ R) ของสารตัวอย่าง หมายเลข 1 ทดลองครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิห้อง(27°C)..... 60

สารบัญรูป(ต่อ)

4.3 แสดงกราฟระหว่างค่าความต่างศักย์(ΔV) กับค่าผลต่างของค่าความต้านทาน(ΔR) ของสารตัวอย่าง หมายเลข 1 ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 228.0 เคลวิน..... 63

4.4 แสดงกราฟระหว่างค่าความต่างศักย์(ΔV) กับค่าผลต่างของค่าความต้านทาน(ΔR) ของสารตัวอย่าง หมายเลข 1 ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 158.8 เคลวิน..... 65

4.5 แสดงกราฟระหว่างค่าความต่างศักย์(ΔV) กับค่าผลต่างของค่าความต้านทาน(ΔR) ของสารตัวอย่าง หมายเลข 1 ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 88.8 เคลวิน..... 67

4.6 แสดงกราฟระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนกับอุณหภูมิเฉลี่ย ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ หมายเลข 1..... 69

4.7 แสดงกราฟระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนกับอุณหภูมิเฉลี่ย ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ หมายเลข 2..... 72

4.8 แสดงกราฟระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนกับอุณหภูมิเฉลี่ย ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ หมายเลข 3..... 74

4.9 แสดงกราฟระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนกับอุณหภูมิเฉลี่ย ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ หมายเลข 4..... 76

5.1 แสดงการต่อลวดทองแดงกับสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์..... 80

5.2 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์ของทองแดง ที่อุณหภูมิต่างๆ.... 82

5.3 แสดงกราฟระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์กับอุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ หมายเลข 1..... 85

5.4 แสดงกราฟระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์กับอุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ หมายเลข 2..... 87

5.5 แสดงกราฟระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์กับอุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ หมายเลข 3..... 89

พอลินุกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ฎ

บทที่

1. บทนำและทฤษฎีทั่วไป..... 1

1.1 บทนำ..... 1

1.2 ประวัติของพอลิเมอร์นำไฟฟ้า..... 2

1.3 พอลิพิรโรล์ที่สังเคราะห์โดยวิธีไฟฟ้า-เคมี(ECSppy)..... 5

1.4 พอลิพิรโรล์ที่สังเคราะห์โดยวิธีทางเคมีในสารละลาย(CSppy)..... 8

2. ปรากฏการณ์ไฟฟ้าความร้อน..... 12

2.1 ปรากฏการณ์ไฟฟ้าความร้อนตามแบบฟิสิกส์แบบฉบับ..... 12

2.1.1 เอนโทรปี , ฟลักซ์ และค่า affinity..... 13

2.1.2 ค่ากำลังไฟฟ้าความร้อน(Themoelectric power)..... 19

2.2 ปรากฏการณ์ไฟฟ้าความร้อนตามแบบสมการขนส่งของโบล์ทซมานน์.... 23

2.2.1 สมการโบล์ทซมานน์..... 23

2.2.2 ค่ากำลังไฟฟ้าความร้อน..... 30

2.3 ปรากฏการณ์ไฟฟ้าความร้อนตามแบบกระบวนการกระโดด..... 34

2.3.1 สูตร Kubo-Greenwood..... 35

2.3.2 ค่ากำลังไฟฟ้าความร้อน..... 38

2.4 ค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนใน 1 มิติ..... 40

สารบัญรูป(ต่อ)

5.6 แสดงกราฟระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนสัมบูรณ์กับอุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ หมายเลข 4..... 91

5.7 แสดงกราฟระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนกับอุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ ที่สังเคราะห์โดยวิธีไฟฟ้า-เคมี จากการทดลองของ Diaz..... 92

5.8 แสดงกราฟระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าความร้อนกับอุณหภูมิต่างๆ ของสารตัวอย่างพอลิพิรโรล์ ที่สังเคราะห์โดยวิธีไฟฟ้า-เคมี จากการทดลองของ Qian และ Qiu..... 93

5.9 แสดงทิศทางของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในสารตัวอย่างเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิ..... 97

5.10 แสดง 3 กลุ่มของพิรโรล์ในสายโซ่ให้อิเล็กตรอน 1 ตัวแก่อะตอมของคลอรีน..... 97