# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **บทคัดย่อภาษาไทย** | I |
| **บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** | II |
| **กิตติกรรมประกาศ** | III |
| **สารบัญ** | IV |
| **สารบัญตาราง** | X |
| **สารบัญภาพ** | XII |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 4 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย | 4 |
| 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย | 5 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 6 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 7 |
| 2.1 วัสดุของแข็งสารกึ่งตัวนำ | 7 |
| 2.2 โครงสร้างของผลึก | 8 |
| 2.2.1 โครงสร้างผลึกของสารประกอบที่เกิดจากอะตอมของธาตุกลุ่ม II และกลุ่ม VI | 8 |
| 2.2.1.1 โครงสร้างผลึกแบบซิงค์เบลนด์ | 9 |
| 2.2.1.2 โครงสร้างผลึกแบบเวอร์ทไซท์ | 10 |
| 2.2.1.3 โครงสร้างผลึกของสารกึ่งตัวนำ $Cu_2O$ และ CuO | 10 |
| 2.2.2 หลักเกณฑ์ในการระบุชื่อระนาบของผลึก | 13 |
| 2.2.2.1 การระบุตำแหน่ง | 13 |
| 2.2.2.2 การระบุทิศทาง | 13 |
| 2.2.2.3 การระบุชื่อระนาบ | 13 |
| 2.3 การศึกษาโครงสร้างผลึกเชิงจุลภาคด้วยการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ | 14 |
| 2.3.1 การวิเคราะห์โครงสร้างผลึก | 15 |

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.2 การหาขนาดของเกรน 16
2.4 การศึกษาโครงสร้างผลึกเชิงมหภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 17
2.5 การส่งผ่านแสง 18
2.6 รอยต่อพี-เอ็นของสารกึ่งตัวนำ 20
2.6.1 รอยต่อในสภาวะสมดุลความร้อน 20
2.6.2 รอยต่อแบบขั้นบันได 21
2.6.3 รอยต่อพี-เอ็นภายใต้สภาวะการไบแอสย้อนกลับ 24
2.7 ค่าความจุไฟฟ้า 25
2.8 ลักษณะกระแส-แรงดันไฟฟ้าของรอยต่อพี-เอ็น 28
2.9 เงื่อนไขขอบเขตของความเข้มข้นของพาหะข้างน้อย 28
2.10 การวิเคราะห์ไดโอดอุดมคติ 29
2.10.1 ลักษณะสมบัติของไดโอดยาว 30
2.10.2 ลักษณะสมบัติของไดโอดสั้น 32
2.11 กระแสเนื่องจากบริเวณประจุค้าง 34
2.12 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อพี-เอ็น 37
2.12.1 การตอบสนองต่อแสง 37
2.12.2 ลักษณะเฉพาะกระแส-แรงดันไฟฟ้า 44
2.13 หลักการสปัตเตอริง 47
2.13.1 โกลวดิสชาร์จ 47
2.13.2 สปัตเตอริง 49
2.13.2.1 ยีลด์การสปัตเตอริง 49
2.13.2.2 ดีซีไดโอดสปัตเตอริง 50
2.13.2.3 ดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 51
2.14 องค์ประกอบที่สำคัญของหัวดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 55
2.14.1 วัสดุที่ใช้สร้างหัวดีซีแมกนีตรอน 55
2.14.2 การให้ความเย็นที่เป้า 55
2.14.3 การควบคุมให้เกิดการสปัตเตอริงเฉพาะผิวเป้า 55
2.14.4 ลักษณะของสนามแม่เหล็ก 57

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 2.15 คุณสมบัติของพลาสมา | 60 |
| 2.15.1 หัววัดลางมัวร์ | 60 |
| 2.15.2 ลักษณะเฉพาะของกระแสและความต่างศักย์ | 60 |
| 2.15.2.1 อุณหภูมิอิเล็กตรอน | 62 |
| 2.15.2.2 ความหนาแน่นพลาสมา | 62 |
| 2.15.2.3 ผลของสนามแม่เหล็ก | 63 |
| **บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย** | 64 |
| 3.1 วิธีการทดลองและเครื่องมือการวิจัย | 64 |
| 3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์ | 64 |
| 3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO โดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 64 |
| 3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของฟิล์มบางที่เตรียมได้ | 65 |
| 3.1.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางโดยการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ | 65 |
| 3.1.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดการส่งผ่านทางแสงโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ | 65 |
| 3.1.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าความต้านทานแผ่น | 66 |
| 3.1.3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงแสง | 66 |
| 3.1.3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปรากฏการณ์ฮอลล์ | 66 |
| 3.1.3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความต้านทานแผ่นที่อุณหภูมิสูง | 67 |
| 3.2 ขั้นตอนในการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO โดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 67 |
| 3.2.1 การเตรียมแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์ | 67 |
| 3.2.2 การเตรียมฟิล์มบางของโลหะคอปเปอร์โดยวิธีดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 68 |
| 3.2.3 วิธีการทำรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 74 |

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

**บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล** 76

4.1 ผลของอัตราการไหลของก๊าซอาร์กอนและแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้ อิเล็กโทรดที่มีต่อการโกลวดิสชาร์จ 76

4.2 ผลการเตรียมฟิล์มบางคอปเปอร์ออกไซด์โดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 79

4.3 ลักษณะของฟิล์มบางที่เคลือบอยู่บนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์ของสารกึ่งตัวนำ CdS และ CuO และสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 84

4.4 การศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียม โดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 85

4.4.1 ผลการศึกษาโครงสร้างของผลึกเชิงจุลภาคด้วยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่เคลือบบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจก FTO สไลด์ ซึ่งเตรียมโดยซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 85

4.4.2 ผลการศึกษาโครงสร้างผลึกเชิงมหภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของ ฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่เคลือบบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจก FTO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 87

4.4.3 ผลการศึกษาการส่งผ่านแสงของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่เคลือบบนแผ่น ฐานรองรับที่เป็นกระจก FTO ซึ่งเตรียม โดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 88

4.5 การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่เคลือบบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจก FTO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 89

4.5.1 ผลการศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าโดยการวัดปรากฏการณ์ฮอลล์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 89

# สารบัญ (ต่อ)


หน้า

4.5.2 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่เคลือบบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจก FTO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริงเมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิห้อง 92

4.5.3 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่เคลือบบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจก FTO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริงเมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิต่ำในช่วงอุณหภูมิ 10-300 เคลวิน 98

4.5.4 การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้ากระแสสลับในช่วงความถี่ 10 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 2 เมกะเฮิรตซ์ ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่เคลือบบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจก FTO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 104

4.5.5 ผลการศึกษาสภาพนำไฟฟ้าเชิงแสงของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ที่เคลือบบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจก FTO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 109

**บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ** 114

5.1 สรุปผลการทดลองของการศึกษาสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 114

5.1.1 ฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS และ CuO ที่เคลือบอยู่บนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์ 114

5.1.2 ผลการศึกษาสมบัติไฟฟ้าของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO 115

5.1.3 ผลการศึกษาค่าความจุไฟฟ้า-ความถี่เมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิสูงในช่วงอุณหภูมิ 25-60 องศาเซลเซียส ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO 115

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 5.2 ประโยชน์ที่ได้รับ | 116 |
| 5.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ | 116 |
| **บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย** | 118 |
| เอกสารอ้างอิง | 138 |
| ภาคผนวก | 142 |
| ประวัตินักวิจัย | 153 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | ค่าพลังงานขีดเริ่มและค่ายีลด์ของธาตุชนิดต่างๆ | 50 |
| 4.1 | ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของการเตรียมฟิล์มบางคอปเปอร์ด้วยวิธีดีซีแมกนีตรอน สปัตเตอริง | 78 |
| 4.2 | เงื่อนไขการเตรียมฟิล์มบางคอปเปอร์ออกไซด์โดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 80 |
| 4.3 | ค่าช่องว่างแถบพลังงานของฟิล์มบางคอปเปอร์ออกไซด์ที่เตรียมได้โดยวิธีรีแอ็ค ทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริงที่อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนค่าต่างๆ | 83 |
| 4.4 | ความต้านทานแผ่นและสภาพต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มบางคอปเปอร์ออกไซด์ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง ที่อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนค่าต่างๆ | 84 |
| 4.5 | ผลการวัดปรากฏการณ์ของฮอลล์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 90 |
| 4.6 | ค่ากระแสไฟฟ้าอิ่มตัวย้อนกลับ ค่าแฟกเตอร์อุดมคติ ค่าความสูงของกำแพงศักย์ในขณะที่ไบแอสเป็นศูนย์ และค่าความต้านทานอนุกรม ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้กลไกเทอร์มิออนิกอิมิสชัน และวิธีของชวง เมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิห้องของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 98 |
| 4.7 | ค่ากระแสไฟฟ้าอิ่มตัวย้อนกลับ ค่าแฟกเตอร์อุดมคติ ค่าความสูงของกำแพงศักย์และค่าความต้านทานไฟฟ้าอนุกรม ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้กลไกเทอร์มิออนิกอิมิสชัน และวิธีของชวง เมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิต่ำในช่วงอุณหภูมิ 10 ถึง 300 เคลวิน ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 99 |
| 4.8 | ค่าความถี่เฉพาะ พลังงานกระตุ้น และตัวแปรต่างๆ ที่คำนวณได้จากสองวิธีของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 109 |
| 4.9 | ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของสภาพนำไฟฟ้าเชิงแสงดื้อรั้นของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง ที่ได้จากการฟิตกราฟ ให้เข้ากับฟังก์ชันมัลติเพิลเอกซ์โพแนนเชียล | 111 |

## สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.10 | ค่าความหนาแน่นของกับดักพาหะชนิดต่างๆ ที่ได้จากการวัดสภาพนำไฟฟ้าเชิงแสงดื้อรั้นของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 111 |
| 4.11 | ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สำคัญของรอยต่อวิวิธพันธุ์ n-CdS/CuO เมื่อทำการวัดกระแส-แรงดันไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้องภายใต้การฉายแสงด้วยความเข้มค่าต่างๆ | 113 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | สภาพนำไฟฟ้าและสภาพต้านทานไฟฟ้าของสารฉนวน สารกึ่งตัวนำและสารตัวนำ | 7 |
| 2.2 | พันธะสี่หน้าหรือพันธะเตตระฮีดรัล | 8 |
| 2.3 | โครงสร้างผลึกแบบคิวบิกหรือซิงค์เบลนด์ของสารกึ่งตัวนำ CdS | 9 |
| 2.4 | โครงสร้างผลึกแบบเวิร์ทไซท์ของสารกึ่งตัวนำ CdS | 10 |
| 2.5 | โครงสร้างผลึกของสารกึ่งตัวนำ $Cu_2O$ | 11 |
| 2.6 | โครงสร้างผลึกของสารกึ่งตัวนำ $Cu_2O$ | 12 |
| 2.7 | แผนภาพเฟสของระบบของสารประกอบ CuO แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อย และอุณหภูมิของแผ่นฐานรองรับ ในการเตรียมฟิล์มบางคอปเปอร์ออกไซด์ ในระบบสุญญากาศ เฟสที่เกิดขึ้นได้ คือ Cu, $Cu_2O$ และ CuO | 12 |
| 2.8 | การบอกชื่อระนาบต่างๆ ของผลึก | 14 |
| 2.9 | การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์บนระนาบของผลึกที่เป็นไปตามกฎของแบรกก์ | 15 |
| 2.10 | ตัวอย่างของสเปกตรัมที่ได้จากการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ | 16 |
| 2.11 | ค่า $\beta_{2\theta}$ เพื่อนำไปหาขนาดของเกรนจากสเปกตรัมของการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ | 16 |
| 2.12 | ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด | 17 |
| 2.13 | ภาพจำลองเมื่อแสงตกกระทบลงบนแผ่นฟิล์มบาง | 18 |
| 2.14 | ลักษณะของโครงสร้างแถบพลังงานของสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็น<br>ก. ขณะที่สารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิดยังไม่ได้สัมผัสกันเป็นรอยต่อวิวิธพันธุ์<br>ข. ขณะที่สารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิดที่ถูกนำมาทำเป็นรอยต่อวิวิธพันธุ์<br>ค. ขณะที่สารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิดถูกนำมาทำเป็นรอยต่อวิวิธพันธุ์และอยู่ในสภาวะสมดุลเชิงความร้อน | 21 |
| 2.15 | ไดโอดของสารกึ่งตัวนำที่มีรอยต่อแบบพี-เอ็นที่เป็นแบบขั้นบันไดที่เป็นฟังก์ชันกับระยะทาง<br>ก. ความเข้มข้นสารเจือ<br>ข. ความหนาแน่นของพาหะอิสระ<br>ค. ประจุค้าง<br>ง. สนามไฟฟ้าที่บริเวณรอยต่อ<br>จ. ศักย์ไฟฟ้าที่บริเวณรอยต่อ | 22 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.16 | โปรไฟล์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆในบริเวณเขตปลอดพาหะ<br>ก. แสดงความหนาแน่นอะตอมของสารเจือที่มีค่าไม่สม่ำเสมอภายในเขตปลอดพาหะ<br>ข. ลักษณะของสนามไฟฟ้าในบริเวณเขตปลอดพาหะเมื่อแรงดันไบแอสย้อนกลับมีค่าเปลี่ยนไปเล็กน้อย | 26 |
| 2.17 | โครงสร้างของไดโอดชนิดรอยต่อพี-เอ็นขณะถูกไบแอสไปหน้าด้วยแรงดัน $V_a$ | 28 |
| 2.18 | การลดลงของความหนาแน่นของโฮลส่วนเกินในเนื้อสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นของรอยต่อพี-เอ็นของไดโอดยาวภายใต้การฉีดพาหะระดับต่ำด้วยแรงดันไบแอสไปหน้าค่าเท่ากับ $V_a$ | 30 |
| 2.19 | กระแสโฮล (เส้นทึบ) กับกระแสอิเล็กตรอน (เส้นประ) ในเนื้อสารด้านสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นซึ่งอยู่นอกรอยต่อพี-เอ็น ซึ่งประมาณว่าเป็นกลางทางไฟฟ้าเนื่องจากประมาณว่าไม่ได้รับผลกระทบจากแรงดันไบแอสไปหน้า $V_a$ | 31 |
| 2.20 | ความหนาแน่นของโฮลภายในเนื้อสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นของรอยต่อพี-เอ็นของไดโอดสั้นภายใต้การไบแอสไปหน้า $V_a$ | 33 |
| 2.21 | อัตราส่วนของ $x_i/x_d$ เป็นฟังก์ชันกับแรงดันไบแอสย้อนกลับที่ความหนาแน่นของอะตอมผู้ให้ค่าต่างๆของรอยต่อ p+ -n | 36 |
| 2.22 | เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อพี-เอ็นของซิลิกอน | 37 |
| 2.23 | ก. อัตราการเกิดคู่อิเล็กตรอน-โฮล เป็นฟังก์ชันของระยะทางจากบริเวณผิว รอยต่อของสารกึ่งตัวนำสำหรับความยาวคลื่นแสงสั้นและยาว<br>ข. มิติของเซลล์แสงอาทิตย์และความกว้างของการแพร่พาหะข้างน้อย<br>ค. ความเข้มข้นของอะตอมของสารเจือที่บริเวณผิวรอยต่อของเซลล์แสงอาทิตย์ | 38 |
| 2.24 | ก. ผลจากการคำนวณการตอบสนองต่อแสงของเซลล์แสงอาทิตย์แบบที่เป็นรอยต่อชนิดเอ็น-พีของสารกึ่งตัวนำซิลิกอน โดยแสดงการแจกแจง 3 บริเวณ ( เส้นประแทนด้วยการตอบสนองในเชิงอุดมคติ )<br>ข. ผลจากการคำนวณการตอบสนองต่อแสงของเซลล์แสงอาทิตย์แบบที่เป็นรอยต่อชนิดเอ็น-พีของสารกึ่งตัวนำซิลิกอนที่มีอัตราการรวมตัวของพาหะที่บริเวณผิวรอยต่อต่างกัน | 42 |
| 2.25 | วงจรสมมูลในอุดมคติของเซลล์แสงอาทิตย์ | 44 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.26 | ก. ลักษณะเฉพาะของกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ขณะที่มีการฉายแสง ข. ภาพกลับหัวของรูป 2.26 (ก) | 44 |
| 2.27 | แสดงลักษณะเฉพาะกระแส-แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยความต้านทานอนุกรมและความต้านทานชันท์ | 45 |
| 2.28 | แสดงลักษณะเฉพาะของกระแส-แรงดันไฟฟ้าของโมดูลของเซลล์แสงอาทิตย์ | 46 |
| 2.29 | โครงสร้างของการโกลวดิสชาร์จ | 48 |
| 2.30 | การเกิดสปัตเตอริงที่ผิวเป้า | 49 |
| 2.31 | การสปัตเตอริงโดยดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 51 |
| 2.32 | การเคลื่อนที่เป็นเกลียววงกลมของอิเล็กตรอนที่ถูกกักเก็บไว้ที่ผิวเป้าในเส้นทางเลื่อนลอยของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กตามขวางที่มีทิศทางตั้งฉากกัน | 53 |
| 2.33 | ความต่างศักย์ของการดิสชาร์จกับสนามแม่เหล็กที่วัดในขั้วอิเล็กโทรดโคแอคเชียลทรงกระบอก | 54 |
| 2.34 | ลักษณะของแมกนีตรอนแบบสมมาตร | 58 |
| 2.35 | ลักษณะของแมกนีตรอนแบบไม่สมมาตรประเภทที่ 1 | 59 |
| 2.36 | แสดงลักษณะของแมกนีตรอนแบบไม่สมมาตรประเภทที่ 2 | 59 |
| 2.37 | หัววัดเดี่ยวลางมัวร์ที่สอดเข้าไปในพลาสมา | 60 |
| 2.38 | แผนภาพลักษณะเฉพาะของกระแสกับความต่างศักย์ | 61 |
| 3.1 | ภาพถ่ายเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกโตรมิเตอร์ ยี่ห้อ Bruker รุ่น D8 Advance | 65 |
| 3.2 | ภาพถ่ายเครื่อง UV-VIS ยี่ห้อ Thermo electron corporation รุ่น (He $\lambda$ ios $\alpha$) | 65 |
| 3.3 | ภาพถ่ายอิเล็กโตรมิเตอร์ ยี่ห้อ Keithley รุ่น 236 และซอฟแวร์ที่ใช้วัดความต้านทานแผ่น | 66 |
| 3.4 | ภาพถ่ายอิเล็กโตรมิเตอร์ ยี่ห้อ Keithley รุ่น 236 และซอฟต์แวร์ที่ใช้วัดสภาพนำไฟฟ้าเชิงแสง | 66 |
| 3.5 | ภาพถ่ายอุปกรณ์ที่ใช้วัดปรากฏการณ์ฮอลล์ | 67 |
| 3.6 | ภาพถ่ายอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความต้านทานของฟิล์มบางที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง | 67 |
| 3.7 | ขั้นตอนการเตรียมแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์ | 68 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.1 | ภาพถ่ายของการโกลวดิสชาร์จเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของก๊าซ อาร์กอนเข้าห้องสุญญากาศ | 77 |
| 4.2 | ภาพถ่ายของฟิล์มบางคอปเปอร์ออกไซด์ที่เตรียมได้โดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริงที่อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนค่าต่างๆ | 81 |
| 4.3 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การส่งผ่านแสงกับความยาวคลื่นของฟิล์มบางคอปเปอร์ออกไซด์ที่เตรียมได้โดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริงที่อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนค่าต่างๆ | 82 |
| 4.4 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $(\alpha h\nu)^2$ กับ $h\nu$ ของฟิล์มบางคอปเปอร์ออกไซด์ที่เตรียมได้โดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริงที่อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนค่าต่างๆ | 82 |
| 4.5 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างพลังงานกับอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนค่าต่างๆ | 83 |
| 4.6 | ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มบางคอปเปอร์ออกไซด์ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดซีแมกนีตรอนสปัตเตอริงที่อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนค่าต่างๆ | 84 |
| 4.7 | ฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS ที่เคลือบลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจก FTO ซึ่งเตรียมโดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ | 85 |
| 4.8 | ฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO ที่เคลือบลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 85 |
| 4.9 | พีคความเข้มการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS ที่เคลือบอยู่บนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์ซึ่งเตรียมโดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ | 86 |
| 4.10 | พีคความเข้มการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO ที่เคลือบอยู่บนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 86 |
| 4.11 | ภาพถ่ายบริเวณผิวหน้าของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS ที่เคลือบอยู่บนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด | 87 |
| 4.12 | ภาพถ่ายบริเวณผิวหน้าของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO ที่เคลือบอยู่บนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด | 87 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.13 | ภาพถ่ายบริเวณผิวหน้าของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS ที่เคลือบอยู่บนฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด | 87 |
| 4.14 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านแสงกับความยาวคลื่นแสงของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $Cu_xO$ พิจารณาที่ความยาวคลื่น 400-1000 | 88 |
| 4.15 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านแสงกับความยาวคลื่นแสงของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS พิจารณาที่ความยาวคลื่น 400 – 1000 นาโนเมตร | 88 |
| 4.16 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านแสงกับความยาวคลื่นแสงของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO พิจารณาที่ความยาวคลื่น 500-1000 นาโนเมตร | 89 |
| 4.17 | ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กับ กระแสไฟฟ้า ของปรากฏการณ์ฮอลล์ภายใต้สนามแม่เหล็กและไม่มีสนามเหล็กของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO | 90 |
| 4.18 | ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า กับ กระแสไฟฟ้าของปรากฏการณ์ฮอลล์ภายใต้สนามแม่เหล็ก และไม่มีสนามเหล็กของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO | 91 |
| 4.19 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าเมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิห้องของรอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 93 |
| 4.20 | กราฟที่ใช้ในการอธิบายกลไกการนำกระแสไฟฟ้าแต่ละช่วงแรงดันไฟฟ้าเมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิห้องของรอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 93 |
| 4.21 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง lnI กับ V เมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิห้องของรอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 94 |
| 4.22 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง dV/d(lnI) กับ I เมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิห้องของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 97 |
| 4.23 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง H(I) กับ I เมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิห้องของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuOซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 97 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.24 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าเมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิต่ำในช่วงอุณหภูมิ 10-300 เคลวิน ของรอยต่อวิวิธพันธุ์ของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 99 |
| 4.25 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแฟกเตอร์อุดมคติกับอุณหภูมิที่คำนวณได้จากกลไกเทอร์มิออนิกอิมิสชันและวิธีของชวงที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง dV/d(lnI) กับ T เมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิต่ำในช่วงอุณหภูมิ 10-300 เคลวิน ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 101 |
| 4.26 | การหาค่า $E_{00}$ โดยการฟิตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแฟกเตอร์อุดมคติกับอุณหภูมิเมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิต่ำในช่วงอุณหภูมิ 10-300 เคลวิน ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 102 |
| 4.27 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงกำแพงศักย์กับอุณหภูมิที่คำนวณได้จากกลไกเทอร์มิออนิกอิมิสชันและวิธีของชวงเมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิต่ำในช่วงอุณหภูมิ 10-300 เคลวิน ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 102 |
| 4.28 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้าอนุกรมกับอุณหภูมิที่ได้จากวิธีของชวงเมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิต่ำในช่วงอุณหภูมิ 10-300 เคลวิน ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 103 |
| 4.29 | กราฟอาร์เรเนียสของ $n[\ln I_S]$ เมื่อทำการวัดที่อุณหภูมิต่ำในช่วงอุณหภูมิ 10-300 เคลวิน ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 103 |
| 4.30 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้ากับความถี่ที่อุณหภูมิในช่วง 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ | 104 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)


ภาพที่ หน้า

4.31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความนำไฟฟ้ากับความถี่ที่อุณหภูมิในช่วง 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 105

4.32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนจริงของอิมพีแดนซ์เชิงซ้อนกับความถี่ที่อุณหภูมิในช่วง 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 105

4.33 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจินตภาพของอิมพีแดนซ์กับความถี่ที่อุณหภูมิในช่วง 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 106

4.34 กราฟความสัมพันธ์ของค่าอิมพีแดนซ์เชิงซ้อนที่อุณหภูมิในช่วง 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 106

4.35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง -dC/dlnf กับ f เพื่อหาค่า $\omega_0$ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 107

4.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\ln(\omega_0/T^2)$ กับ (1000/T) ที่ได้จากการหาค่า $\omega_0$ ของกราฟความสัมพันธ์ของ -dC/dlnf กับความถี่เมื่อทำการวัดในช่วงอุณหภูมิ 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 107

4.37 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\ln(\omega_0/T^2)$ กับ (1000/T) ที่ได้จากการหาค่า $\omega_0$ ของอิมพีแดนซ์เชิงซ้อนในช่วงอุณหภูมิ 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 108

4.38 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของสถานะผิวเชื่อมต่อกับช่วงอุณหภูมิในช่วง 25 ถึง 60 องศาเซลเซียสของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 108

4.39 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสโฟโตกับเวลาภายใต้แรงดันไบอัส -0.5 กับ 0.3 โวลต์ ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง 109

## สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.40 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสนอร์มัลไลซ์ขาขึ้นกับเวลา ของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 110 |
| 4.41 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสนอร์มัลไลซ์ขาลงกับเวลาของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง | 110 |
| 4.42 | แผนภาพแถบพลังงานของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO | 112 |
| 4.43 | ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส-แรงดันไฟฟ้าของรอยต่อวิวิธพันธุ์ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยวิธีรีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริงเมื่อทำการวัดภายใต้การฉายแสงที่ความเข้มค่าต่างๆ | 112 |