สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	3
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	3
1.4 สถานที่ทำโครงงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ปรากฏการณ์การขัดขวางแบบคูลอมบ์	4
2.2 กล่องอิเล็กตรอนเดี่ยว	5
2.3 ทรานซิสเตอร์อิเล็กตรอนเดี่ยว	8
2.3.1 การแกว่งกวัดของค่าความนำไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์แบบอิเล็กตรอนเดี่ยว	9
2.3.2 จำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยของทรานซิสเตอร์แบบอิเล็กตรอนเดี่ยว	11
2.4 ปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว	14
2.4.1 พลังงานศักย์ไฟฟ้าสถิตของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว	15
2.4.2 แผนภาพเสถียร	16
2.4.3 จำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยในปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว	19
2.5 วิธีการมอนติคาร์โล	20
2.5.1 การคำนวณหาค่าปริพันธ์ด้วยวิธีการมอนติคาร์โล	21
2.5.2 การสุ่มตัวอย่างตามความสำคัญ	22
2.5.3 ระเบียบวิธีของเมโทรโปลิส	23
2.6 วิธีการปริพันธ์ตามวิถีแบบมอนติคาร์โล	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	26
3.1 ฟังก์ชันแบ่งส่วนของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว	26
3.2 จำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยในปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว	29
3.3 ค่าแอ็กชันในรูปแบบที่ไม่ต่อเนื่อง	30
บทที่ 4 ผลการคำนวณจำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว	33
4.1 กรณีที่กำหนดให้ $n_{R0} = 0$ หรือ $n_{L0} = 0$	33
4.2 กรณีที่ค่า n_{L0} และ n_{R0} มีการเปลี่ยนแปลง	36
4.3 จำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยรูปแบบสามมิติ	39
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผล	46
5.2 ข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน	

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 ค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว ค่าความนำไฟฟ้าที่แต่ละรอยต่อการทะลุผ่าน $j \in \{L, M, R\}$ ถูกนิยามเป็น $g_j = G_j / G_K$ และ $G_K = e^2 / h$ และ G_0 เป็นค่าความนำไฟฟ้าแบบฉบับซึ่งเกิดที่อุณหภูมิสูงของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว [7] 16

บัญชีภาพประกอบ

		หน้า
ภาพประกอบ 1	โครงสร้างของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว ที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope; SEM)	2
ภาพประกอบ 2.1	(a) แบบจำลองของกล่องอิเล็กตรอนเดี่ยวซึ่งประกอบด้วยรอยต่อการทะลุผ่านและเกาะโลหะและ (b) วงจรสมมูลของกล่องอิเล็กตรอนเดี่ยว	6
ภาพประกอบ 2.2	ผลการคำนวณจำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยในกล่องอิเล็กตรอนเดี่ยว	7
ภาพประกอบ 2.3	ค่าจำนวนประจุที่รอยต่อการทะลุผ่าน โดยเส้นทึบแสดงผลการทดลอง	8
ภาพประกอบ 2.4	แบบจำลองของทรานซิสเตอร์แบบอิเล็กตรอนเดี่ยว ซึ่งประกอบด้วยสองรอยต่อการทะลุผ่าน	9
ภาพประกอบ 2.5	ความนำไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์อิเล็กตรอนเดี่ยว โดยที่ค่า $g = 4.75$ ซึ่งถูกวัดโดยวอล์ลิสเซอร์และคณะ [15] (o) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองและ (-) ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีการควอนตัมมอนติคาร์โล	10
ภาพประกอบ 2.6	ผลการคำนวณจำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยในทรานซิสเตอร์แบบอิเล็กตรอนเดี่ยว	13
ภาพประกอบ 2.7	โครงสร้างของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยวชนิดโลหะ ที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด จากงานวิจัยของลิมบัชและคณะ [7]	14
ภาพประกอบ 2.8	วงจรสมมูลของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว [7]	15
ภาพประกอบ 2.9	ลักษณะการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน 6 กรณี	16
ภาพประกอบ 2.10	แผนภาพเสถียรของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว	17
ภาพประกอบ 2.11	ผลการทดลองวัดค่าความนำไฟฟ้าของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว	18
ภาพประกอบ 2.12	ตัวอย่างการแบ่งเส้นทางที่ไม่ต่อเนื่องออกเป็น 10 ช่วงเท่าๆ กัน	24
ภาพประกอบ 4.1	จำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยรวมของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยวที่อุณหภูมิค่าต่างๆ ในกรณีที่กำหนดให้ $n_{R0} = 0$ โดยที่จำนวนอิเล็กตรอน $< n_R > \approx 0$ ดังนั้น $< n_{total} > \approx < n_L >$	33
ภาพประกอบ 4.2	จำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยรวมของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยวที่อุณหภูมิค่าต่างๆ ในกรณีที่กำหนดให้ $n_{L0} = 0$ โดยที่จำนวนอิเล็กตรอน $< n_L > \approx 0$ ดังนั้น $< n_{total} > \approx < n_R >$	34
ภาพประกอบ 4.3	แผนภาพแถบพลังงานการส่งผ่านอิเล็กตรอนของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว ในกรณีที่กำหนดให้ $n_{0R} = 0$ และกำหนดให้แสดงค่า n_{0L} อยู่ในช่วง [0, 3]	35

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

		หน้า
ภาพประกอบ 4.4	จำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยในปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยวกรณีที่ $\beta E_C = 21$ และกำหนดให้ค่า $n_{R0} \in \{0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0\}$	36
ภาพประกอบ 4.5	จำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยในปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยว กรณีที่ $\beta E_C = 21$ และกำหนดให้ค่า $n_{L0} \in \{0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0\}$	37
ภาพประกอบ 4.6	แผนภาพพลังงานของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยวเมื่อกำหนดให้ค่า $n_{L0} = 0$ กับ $n_{R0} = 0.5$ และพิจารณาในกรณีอุณหภูมิต่ำ	38
ภาพประกอบ 4.7	แผนภาพพลังงานของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยวเมื่อกำหนดให้ค่า $n_{L0} = 0$ กับ $n_{R0} = 1$ และพิจารณาในกรณีอุณหภูมิต่ำ	38
ภาพประกอบ 4.8	แผนภาพพลังงานของปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยวเมื่อกำหนดให้ค่า $n_{L0} = 0.5$ กับ $n_{R0} = 0.5$	39
ภาพประกอบ 4.9	จำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยในปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยวแบบสามมิติ ในกรณี $\beta E_C = 5$	40
ภาพประกอบ 4.10	จำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยในปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยวแบบสามมิติ ในกรณี $\beta E_C = 10$	41
ภาพประกอบ 4.11	จำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยในปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยวแบบสามมิติ ในกรณี $\beta E_C = 15$	42
ภาพประกอบ 4.12	จำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยในปั๊มอิเล็กตรอนเดี่ยวแบบสามมิติ ในกรณี $\beta E_C = 21$	43
ภาพประกอบ 4.13	ภาพฉายจำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยด้วยผลจากวิธีควอนตัมมอนติคาร์โลที่อุณหภูมิต่ำ พร้อมเปรียบกับแผนภาพเสถียรจากวิธีมาตรฐานที่แสดงเส้นสีแดง [15]	44
ภาพประกอบ 4.14	ภาพฉายจำนวนอิเล็กตรอนเฉลี่ยด้วยผลจากวิธีควอนตัมมอนติคาร์โล พร้อมแสดงสถานะของอิเล็กตรอนในเกาะโลหะ	45