สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(9)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	3
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	10
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	11
2. ฟิสิกส์ของเซลล์แสงอาทิตย์	12
2.1 สมการพื้นฐานของสิ่งประดิษฐ์สารกึ่ง	12
2.2 แบบจำลองรอยต่อพีเอ็นของช็อคเลย์	14
2.3 คุณสมบัติของไดโอดจริง	29
2.4 แบบจำลองการรวบรวมพาหะของขั้วด้านที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์	37
3. หลักการของเจเนติกอัลกอริทึม	42
3.1 บทนำ	42
3.2 เจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย	43
3.3 ตัวดำเนินการทางพันธุกรรมอื่นๆ	51
4. วิธีการวิจัย	54
4.1 วัสดุและอุปกรณ์	55
4.2 การคำนวณค่าความเหมาะสมของการออกแบบรูปแบบขั้วของเซลล์แสงอาทิตย์	55

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การพัฒนาโปรแกรมภาษาซีพลัสพลัสเพื่อสร้างคลาสที่ใช้ในการคำนวณโดยหลักการเจเนติกอัลกอริทึม	58
4.4 ประยุกต์ใช้หลักการเจเนติกอัลกอริทึมในการหาค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์จากกราฟลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์	58
4.5 ประยุกต์ใช้หลักการเจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบรูปแบบขั้วซึ่งมีรูปแบบธรรมดาทั่วไป	61
4.6 ประยุกต์ใช้หลักการเจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบรูปแบบขั้วในลักษณะใดๆ	63
5. ผลและการอภิปรายผล	67
5.1 การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาค่าพารามิเตอร์จากกราฟกระแสและศักย์ของเซลล์แสงอาทิตย์	67
5.2 ประยุกต์ใช้หลักการเจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบรูปแบบขั้วซึ่งมีรูปแบบธรรมดาทั่วไป	80
5.3 ประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบรูปแบบขั้วในลักษณะใดๆ	84
6. บทสรุป	91
6.1 สรุป	91
6.2 ข้อเสนอแนะ	93
บรรณานุกรม	95
ภาคผนวก	98
ภาคผนวก (ก) การใช้งานคลาสที่ใช้ในการคำนวณโดยหลักการเจเนติอัลกอริทึม	99
ภาคผนวก (ข) วิธีการใช้งานโปรแกรมฟิตกราฟเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์และโปรแกรมออกแบบรูปแบบขั้วของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม	104
ภาคผนวก (ค) Manuscripts	117
ประวัติผู้เขียน	126

รายการตาราง

ตาราง **หน้า**

5.1 ค่าพารามิเตอร์ $J_{Light}, J_{01}, J_{02}, \rho_e, \rho_{sh}$ และค่า RMSE ที่ได้จากการคำนวณ ด้วยเจเนติกอัลกอริทึมที่ค่าขอบเขตของตัวแปรต่างกัน ในกรณีที่เป็นอุดมคติ 73

5.2 ค่าพารามิเตอร์ $J_{Light}, J_{01}, J_{02}, \rho_e, \rho_{sh}, n_1, n_2$ และค่า RMSE ที่ได้จากการคำนวณด้วยเจเนติกอัลกอริทึมที่ค่าขอบเขตของตัวแปรต่างกัน ในกรณีทั่วไป 78

5.3 ค่าคุณสมบัติสมบัติของเซลล์ที่มีระยะระหว่างขั้วฟิงเกอร์และความยาวของขั้ว ฟิงเกอร์เท่ากับ 2 มิลลิเมตร และ 1 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเซลล์ทำงาน ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.45 โวลต์ 81

5.4 ผลของการออกแบบขั้วด้านที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อหาระยะระหว่าง ขั้วฟิงเกอร์ที่ดีที่สุดด้วยเจเนติกอัลกอริทึมของเซลล์ขนาด 10x10 เซนติเมตร 83

5.5 เปรียบเทียบผลการออกแบบรูปแบบขั้วธรรมดาทั่วไปกับรูปแบบขั้วในลักษณะใดๆ ที่ขั้วขั้วโลหะที่มีความกว้าง 1 มิลลิเมตร ของเซลล์ขนาด 2 x 2 เซนติเมตร 90

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 ขั้วด้านที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีรูปแบบเป็นก้างปลา	4
1.2 ขั้วโลหะบัสบาร์ที่มีลักษณะเป็นสันสามเหลี่ยมและผิวหน้าของชั้นอิมิตเตอร์ที่มีลักษณะเป็นพื้นผิวรูปทรงพีระมิดคว่ำ	5
1.3 รูปแบบขั้วชนิดก้างปลาที่เพิ่มขั้วบัสบาร์ย่อยเข้าไป	8
1.4 รูปแบบขั้วด้านที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีลักษณะเป็นกรอบที่มีขั้วบัสบาร์ที่ขอบทั้ง 4 ด้านและมีขั้วบัสบาร์ย่อย	9
1.5 แสดงการแบ่งกราฟลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์ออกเป็นสองบริเวณ	10
2.1 แถบนำและแถบวาเลนของสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นขณะอยู่แยกกันและการเบี่ยงเบนของแถบนำ (Conduction Band) และแถบวาเลนซ์ (Valance Band) ในบริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำ	16
2.2 การกระจายของความหนาแน่นประจุในเขตปลอดพาหะ, ค่าสนามไฟฟ้าในเขตปลอดพาหะและผลต่างระหว่างศักย์ไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำด้านพีและเอ็นภายนอกเขตปลอดพาหะที่ภาวะสมดุล	18
2.3 ลักษณะภาพตัดขวางของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อสารกึ่งตัวนำซิลิกอน	29
2.4 กราฟลักษณะเฉพาะกระแสและศักย์ของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะรับแสงและในขณะมืด	30
2.5 แสดงค่าปัจจัยที่ขึ้นกับรูปร่างของเซลล์ (Ξ) ที่เป็นฟังก์ชันของอัตราส่วนระหว่างความ กว้างของชั้นสารกึ่งตัวนำ (Q) กับความยาวของการแพร่ของพาหะข้างน้อยในสารกึ่งตัวนำนั้น (L) ที่ค่า SL/D ต่างๆ	34
2.6 อิทธิพลของความต้านทานอนุกรม (R_s) และความต้านทานขนาน (R_p) ต่อกราฟลักษณะเฉพาะของศักย์และกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะรับแสง	35

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
2.7 วงจรเทียบเท่าตามแบบจำลองไดโอดสองตัว (Two Diode Model) เซลล์แสงอาทิตย์	36
2.8 ภาพจำลองของชั้นอิมิตเตอร์ที่มีความหนา t และมีฟลักซ์ของแสงตกกระทบอย่างสม่ำเสมอบนระนาบ XY	38
2.9 แสดงการไหลของกระแสในชั้นอิมิตเตอร์ในลักษณะปกติและการไหลของกระแสในชั้นอิมิตเตอร์เมื่อสมมติให้ความหนาของชั้นอิมิตเตอร์น้อยกว่าระยะที่ กระแสเดินทางในแนวราบของชั้นอิมิตเตอร์มาก	39
3.1 ลักษณะของโครโมโซม	43
3.2 แผนภูมิสายงานแสดงกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึม	44
3.3 โครโมโซมยาว 10 บิต ใช้แทนคำตอบของปัญหาที่ประกอบด้วยตัวแปร X_1 และ X_2 แต่ละตัวแปรจะถูกแทนด้วยเลขฐานสอง 4 บิต	45
3.4 แสดงแผนภูมิของการคัดเลือกชนิดวงล้อรูเลตและแผนภูมิของการคัดเลือกแบบ Stochastic Universal Sampling	47
3.5 แผนภูมิแสดงการเกิดการผสมข้ามพันธุ์แบบ 1 จุด และแผนภูมิแสดงการเกิดการผสมข้ามพันธุ์แบบ 2 จุด โดยที่หัวของลูกศรคือจุดกำหนดให้เกิดการผสมข้ามพันธุ์	49
3.6 แผนภูมิแสดงการเกิดการผสมข้ามพันธุ์ชนิดยูนิฟอร์ม	50
3.7 การกลายพันธุ์ของโครโมโซมเลขฐานสองการกลายพันธุ์โดยการกลับบิตของข้อมูล	50
3.8 แสดงการผสมข้ามพันธุ์ชนิดที่กำหนดจำนวนจุดให้เกิดการผสมข้ามพันธุ์แบบสองมิติที่มีจุดในการผสมข้ามพันธุ์สามจุด	53
4.1 การแบ่งชั้นอิมิตเตอร์ออกเป็นช่องสี่เหลี่ยมเพื่อใช้กับวิธีการผลต่างสืบเนื่อง	56
4.2 แผนภูมิสายงานแสดงขั้นตอนการหาค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเจเนติกอัลกอริทึม	61

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4.3 แผนภูมิสายงานแสดงขั้นตอนการออกแบบรูปแบบขั้วแบบธรรมดาด้วยเจเนติกอัลกอริทึม	63
4.4 รูปแบบขั้วของเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะถูกเข้ารหัสและโครโมโซมที่ได้จากการเข้ารหัสรูปแบบขั้ว	64
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า RMSE กับค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c) และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m)	68
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า RMSE กับจำนวนจุดในการผสมข้ามพันธุ์	69
5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกับค่าขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ของ แบบจำลองการรวบรวมพาหะของขั้วด้านที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ ในกรณีที่เป็นอุดมคติ	70
5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความผิดพลาดของค่าพารามิเตอร์ กับค่าขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองการรวบรวมพาหะของขั้วด้านที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ในกรณีที่เป็นอุดมคติ	71
5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า RMSE กับค่าขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองการรวบรวมพาหะของขั้วด้านที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ในกรณีที่เป็นอุดมคติ	72
5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกับค่าขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์ในกรณีทั่วไป	75
5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความผิดพลาดกับค่าขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์ในกรณีทั่วไป	76
5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า RMSE กับค่าขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์ในกรณีทั่วไป	77

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

5.9 การกระจายของศักย์ไฟฟ้าในกรณีที่ขั้วบัสบาร์มีส่วนในการรวบรวมกระแสของเซลล์ที่มีระยะระหว่างขั้วฟิงเกอร์และความยาวของขั้วฟิงเกอร์เท่ากับ 2 มิลลิเมตร และ 1 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเซลล์ทำงานที่ศักย์ไฟฟ้า 0.45 โวลต์ 82

5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ผลิตได้จากเซลล์กับค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c) และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) 85

5.11 รูปแบบขั้วที่ผลิตกระแสได้มากที่สุดของเซลล์ขนาด 2x2 เซนติเมตร ที่มีค่าความกว้างของขั้วเท่ากับ 1 มิลลิเมตร เมื่อใช้ค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์เท่ากับ 0.6 และ 0.001 ตามลำดับ 86

5.12 แสดงผลประสิทธิภาพของการคำนวณระหว่างการใช้ผสมข้ามพันธุ์ชนิดที่กำหนดจำนวนจุดให้เกิดการผสมข้ามพันธุ์ในหนึ่งมิติ (1D) และสองมิติ (2D) ที่ใช้จุดในการผสมข้ามพันธุ์ 1, 2 และ 3 จุด 87

5.13 รูปแบบขั้วที่ผลิตกระแสได้มากที่สุดของเซลล์ขนาด 2x2 เซนติเมตร ที่มีค่าความกว้างขั้วเท่ากับ 1 มิลลิเมตร เมื่อใช้ค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์และค่าความน่าจะ เป็นในการกลายพันธุ์เท่ากับ 0.4 และ 0.01 ตามลำดับ และการใช้ผสมข้ามพันธุ์ชนิดที่กำหนดจำนวนจุดให้เกิดการผสมข้ามพันธุ์ในสองมิติที่ใช้จุดในการผสมข้ามพันธุ์ 1 จุด 88

5.14 รูปแบบขั้วที่ผลิตกระแสได้มากที่สุดของเซลล์ขนาด 2x2 เซนติเมตร ที่มีค่าความกว้างขั้วเท่ากับ 1 มิลลิเมตร เมื่อใช้ค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์เท่ากับ 0.4 และ 0.01 ตามลำดับ และการใช้ผสมข้ามพันธุ์ชนิดที่ กำหนดจำนวนจุดให้เกิดการผสมข้ามพันธุ์ในสองมิติที่ใช้จุดในการผสมข้ามพันธุ์ 1 จุด และใช้รุ่นในการคำนวณเท่ากับ 2000 รุ่น 89