

การศึกษาการเลี้ยวเบนของแสงโดยใช้คอมพิวเตอร์

A STUDY OF DIFFRACTION PATTERN USING COMPUTER SYSTEM



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

การศึกษาการเลี้ยวเบนของแสงโดยใช้คอมพิวเตอร์
A STUDY OF DIFFRACTION PATTERN USING COMPUTER
SYSTEM



b. 00265825
i.

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานปีการศึกษา 2558 มอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF DIFFRACTION PATTERN USING COMPUTER SYSTEM



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR
OF SCIENCE DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในสถาบันเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การศึกษาการเลี้ยวเบนของแสงโดยใช้คอมพิวเตอร์
A STUDY OF DIFFRACTION PATTERN USING COMPUTER
SYSTEM

ชื่อนักศึกษา

นางสาวปฐมา ที่ชอบ รหัสนักศึกษา 55051541
นายรุจิภาส เพชรลับ รหัสนักศึกษา 55051598

ปริญญา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชา

ฟิสิกส์

ปีการศึกษา

2558

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.สุรชาติ กมลติลก

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.ประธาน บุรณศิริ กรรมการ	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
อ.สุรชาติ กมลติลก กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ
ชื่อนักศึกษา

การศึกษาการเลี้ยวเบนของแสงโดยใช้คอมพิวเตอร์
นางสาวปฐมา ที่ชอบ รหัสนักศึกษา 55051541
นายรุจิภาส เพชรลับ รหัสนักศึกษา 55051598

ปริญญา
ภาควิชา
มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ฟิสิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
2558
อ.สุรชาติ กมลติลก

บทคัดย่อ

ในโครงการพิเศษนี้เป็นการหาค่าความกว้างของสลิตเดี่ยว สลิตคู่และความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสง โดยการส่องแสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยวและสลิตคู่ไปบนฉากรับภาพเพื่อวัดระยะของแถบมืดและแถบสว่าง ชุดการทดลองที่สร้างขึ้นนี้จะวัดความเข้มแสงโดยใช้สแตมป์มอเตอร์ในการเลื่อนตัวตรวจจับแสงไปทางซ้ายและทางขวา ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูปแบบ ARDUINO การแสดงผลจะแสดงค่าความเข้มแสงที่วัดได้บนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic ซึ่งค่าที่ได้สามารถนำไปคำนวณหาค่าความยาวคลื่นและความกว้างของสลิตได้

คำสำคัญ : การหักเหของแสง, ไมโครคอนโทรลเลอร์, ARDUINO, Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	A STUDY OF DIFFRACTION PATTERN USING COMPUTER SYSTEM
Students	Miss.Patama Teechob Student ID 55051541 Mr.Rujipad Pedlub Student ID 55051598
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)
Department	Physics
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2015
Advisor	Mr.Surachart Kamoldilok

Abstract

Single slit/double slit width and wavelength of light source wave evaluated in this project. Dark/Bright fringe was measured by laser beam pass through single/double slit. Step motor was used to control photo detector translation in left side or right side. This apparatus was controlled by Arduino microcontroller. Diffraction pattern was shown on Visual Basic display program. Experimental result can be calculated wavelength of light source and single/double slit width.

Keywords : Diffraction, Microcontroller, Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และห้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ได้ประสบปัญหาอุปสรรคต่างๆมากมายและการแก้ปัญหาเหล่านี้จะผ่านไปไม่ได้หากขาดคนที่ช่วยเหลือในงานต่างๆให้ผ่านลุล่วงไปได้ด้วยความเรียบร้อยและได้ให้คำแนะนำด้านต่างๆด้วยดีตลอด ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อ.สุรชาติ กมลติลก ที่ให้คำปรึกษาด้านต่างๆมาโดยตลอด เพื่อนที่ร่วมห้องเลข 315/1 ทุกคน ที่ให้คำปรึกษาแก้ไขงานให้ดีขึ้นและใช้งานง่ายขึ้น สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดาและมารดาที่สนับสนุนด้านทุนการศึกษาและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

นางสาวปฐมา ที่ชอบ
นายรุจิภาส เพชรลับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบข่ายของงานวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 การแทรกสอดของแสง(Interference)และการเลี้ยวเบนของแสง(diffraction)	3
2.2 สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor)	8
2.2.1 ประเภทของสเต็ปมอเตอร์	8
2.2.2 การควบคุม Stepping Motor	9
2.2.3 การควบคุม Stepping Motor แบบ 4 เฟส	10
บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินการ	13
3.1 การออกแบบวงจร	13
3.1.1 ส่วนติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์	13
3.1.2 ส่วนการประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์	14
3.1.3 ส่วนรับแสง	15
3.1.4 ส่วนสเต็ปป์มอเตอร์ แบบ 2 เฟส	16
3.1.5 ส่วนการควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์	17
3.1.6 ส่วนของแผ่นหักเหที่ใช้ทำการทดลอง (สลิตเดี่ยว, สลิตคู่)	18

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.1.7 ส่วนของฐานรางเลื่อน	19
3.1.8 ส่วนของการจ่ายไฟ	19
3.2 การพัฒนาโปรแกรม	20
3.2.1 โปรแกรม visual basic และ Arduino	20
บทที่ 4 วิธีการทดลองและผลการทดลอง	21
4.1 การทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์	21
4.1.1 ทดสอบการทำงานของวงจรถับสเตปมอเตอร์	21
4.1.2 ทดสอบการทำงานของ Photodiode	22
4.2 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม	22
4.2.1 ทดสอบการสั่งงานให้สเตปมอเตอร์หมุนไปซ้ายขวากำหนดสเตปได้	22
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	39
5.1 สรุปผลการศึกษา	40
5.2 ข้อเสนอแนะ	40
บรรณานุกรม	41
ภาคผนวก	42
ภาคผนวก ก	43
ภาคผนวก ข	52
ภาคผนวก ค	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และจู่โจมอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 แนวทางเดินของแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว	3
รูปที่ 2.2 ริ้วของการเลี้ยวเบนจากช่องแคบเดี่ยว	4
รูปที่ 2.3 แนวทางเดินของแสงผ่านช่องแคบคู่	5
รูปที่ 2.4 ริ้วการแทรกสอดเมื่อแสงผ่านช่องแคบคู่	5
รูปที่ 2.5 การเลี้ยวเบนเนื่องจากเกรตติง	7
รูปที่ 2.6 โครงสร้างของ Stepping motor	8
รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายในของ stepping motor	9
รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพไดอะแกรมของเครื่องมือ	13
รูปที่ 3.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	14
รูปที่ 3.3 photodiode 970 nm , 16.4 sq mm	15
รูปที่ 3.4 วงจรส่วนรับแสงโดยใช้ Photo Resistor	15
รูปที่ 3.5 VEXTA Model pk264B2-sg36	16
รูปที่ 3.6 ตัวคอนโทรลสเต็ปมอเตอร์แบบ DRV8825	17
รูปที่ 3.7 วงจรควบคุม สเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยใช้ตัวควบคุม DRV 8825	17
รูปที่ 3.8 แสดงแถบสว่างและมืด จากสลิตเดี่ยวและสลิตคู่	18
รูปที่ 3.9 รางเลื่อนที่ใช้ในการทำโครงงาน	19
รูปที่ 3.10 Power supply แบบ Switching	19
รูปที่ 3.11 แสดงรูปการพัฒนาโปรแกรมขั้นตอนการทำงาน	20
รูปที่ 4.1 วงจรทดสอบการทำงานของ DRV8825	21
รูปที่ 4.2 หน้าต่างโปรแกรมควบคุมการทำงาน	24
รูปที่ 4.3 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 45 cm	25
รูปที่ 4.4 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 45 cm	26
รูปที่ 4.5 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 55 cm	27
รูปที่ 4.6 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 55 cm	28
รูปที่ 4.7 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 65 cm	29
รูปที่ 4.8 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 65 cm	30
รูปที่ 4.9 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 25 cm	32
รูปที่ 4.10 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 25 cm	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.11 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 35 cm	34
รูปที่ 4.12 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 35 cm	35
รูปที่ 4.13 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 45 cm	36
รูปที่ 4.14 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 45 cm	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนวิจัยและการดำเนินงาน	2
ตารางที่ 2.2.1 การควบคุมแบบ Full step 1 เฟส หรือแบบเวฟ	10
ตารางที่ 2.2.2 การควบคุมแบบ Full step 2 เฟส หรือ แบบ 2 เฟส	11
ตารางที่ 2.2.3 การควบคุมแบบ Half step หรือ แบบครึ่งสเต็ป	12
ตารางที่ 4.2.2.1 ค่าการคำนวณหาความยาวคลื่นแต่ละระยะจากสลิตเดี่ยวกว้าง 50 μm	31
ตารางที่ 4.2.2.2 % ความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละระยะ จากสลิตเดี่ยวกว้าง 50 μm	31
ตารางที่ 4.2.3 ค่าการคำนวณหาความยาวคลื่นแต่ละระยะจากสลิตเดี่ยวกว้าง 50 μm	38
ตารางที่ 4.2.4 % ความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละระยะ จากสลิตเดี่ยวกว้าง 50 μm	38
ตารางที่ 5.1 ผลเฉลี่ยค่าความยาวคลื่น สลิตเดี่ยว/คู่	51
ตารางที่ 5.2 % ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าความยาวคลื่น	52
ตารางที่ 5.3 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องมือ	52



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จากการศึกษาคุณสมบัติของแสงเรื่องการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงทำให้ทราบปัญหาคือผู้ศึกษาไม่สามารถเห็นภาพของการกระจายความเข้มของแสงหลังจากเคลื่อนผ่านสลิต (Slit) หรือเกรตติ้ง (Grating) ได้อย่างชัดเจน ทำให้ไม่สามารถเข้าใจถึงผลของขนาดของสลิตและเกรตติ้งที่จะมีต่อรั้วรอยการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงที่จะปรากฏบนฉากรับภาพดั่งนั้นกลุ่ม ของข้าพเจ้า จึงได้มีแนวคิดที่จะสร้างชุดทดลองที่สามารถวัดค่าความเข้มของแสงในรูปของศักย์ไฟฟ้า (Voltage) เพื่อนำมาพล็อตเป็นกราฟความสัมพันธ์แสดงบนชุดคอมพิวเตอร์เพื่อความสะดวกในการทดลองและการสาธิตให้แก่ผู้สนใจได้เรียนรู้เรื่องการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงได้อย่างชัดเจนและแม่นยำมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสร้างชุดทดลองในการวัดค่าความเข้มแสงของรั้วรอยการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสง

1.2.2 เพื่อพัฒนาชุดทดลองให้มีการวัดค่าความเข้มแสงของรั้วรอยการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงดียิ่งขึ้นโดยใช้โปรแกรม Arduino

1.3 ขอบข่ายของงานวิจัย

ในโครงการพิเศษนี้ได้จัดทำชุดทดลองเพื่อวัดความเข้มของแสงที่เกิดจากการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตและเกรตติ้งกับระยะทางบนฉากรับแสงเพื่อนำมาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและระยะทางเพื่อนำไปใช้คำนวณหาขนาดของสลิต

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนวิจัยและการดำเนินงาน

ช่วงเวลา	ขั้นตอนการดำเนินงาน
สิงหาคม - กันยายน พ.ศ. 2557	- ค้นคว้าและศึกษาโปรแกรมและอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม Stepping motor, Arduino
ตุลาคม 57 - มกราคม พ.ศ. 2558	- ออกแบบชุดทดลองและทดลองการทำงานของโปรแกรม Arduino - ทดสอบการรับแสงจาก Detector - ทำการเขียนโปรแกรมจากโปรแกรม Arduino เพื่อให้มีการรับส่งข้อมูลได้
มกราคม - เมษายน พ.ศ. 2558	- นำชุดทดลองมาทดสอบการรับส่งข้อมูลจากสลิตเดี่ยวและสลิตคู่ - นำข้อมูลที่ได้มาสรุปและวิจารณ์ผลการทดลองของโครงการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1) ชุดทดลองเพื่อวัดความเข้มของแสงจากรีเลย์การแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสง
- 1.5.2) สามารถคำนวณย้อนกลับเพื่อหาขนาดของสลิตได้จากผลการทดลอง
- 1.5.3) เกิดความชำนาญและความรู้ในการประยุกต์สร้างชุดการทดลองจากอุปกรณ์กลไกและวงจรอิเลคทรอนิกส์ที่มีการนาโนโครคอนโทลเลอร์มาใช้ในการทำงาน

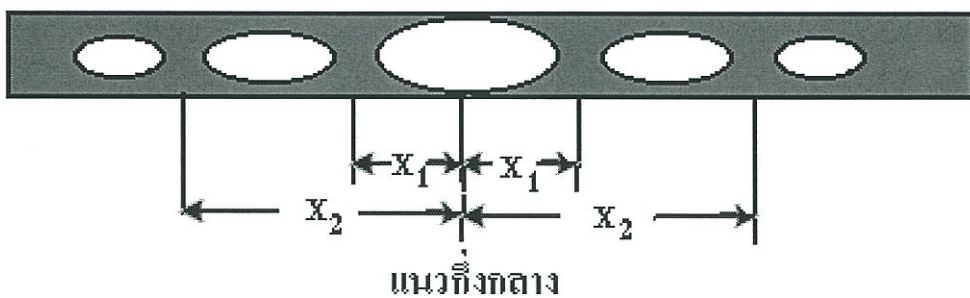
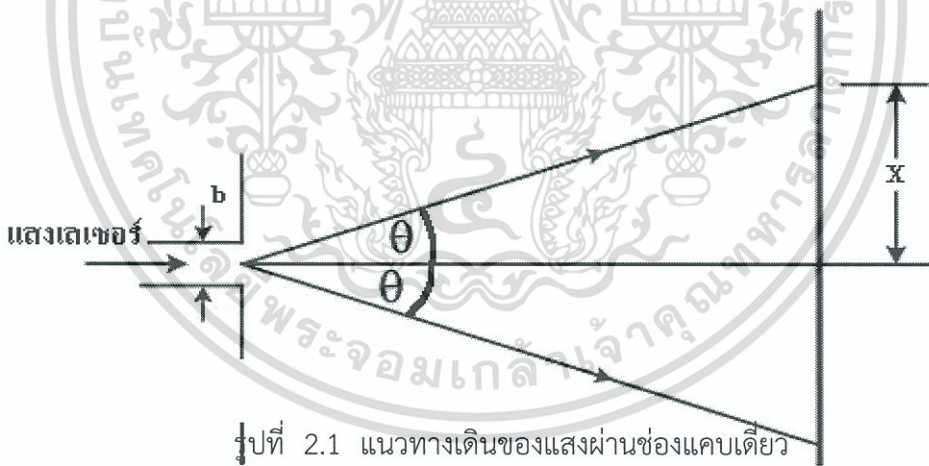
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎี

2.1 การเลี้ยวเบน (diffraction) และการแทรกสอด (interference)

การเลี้ยวเบน (diffraction) และการแทรกสอด (interference) ของแสงเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญที่แสดงสมบัติการเป็นคลื่นของแสง การเลี้ยวเบนของแสงจะแสดงออกในกรณีที่แสงผ่านช่องแคบเล็กๆ บางครั้งจะปรากฏแถบมืดกับแถบสว่างรอบๆ ขอบของวัตถุขนาดเล็กซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการแทรกสอดของแสง แสงที่เลี้ยวเบนเช่นกัน การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงสามารถแสดงให้เห็นได้ชัดเจนโดยให้แสงเลเซอร์ผ่านช่องแคบเดี่ยว ช่องแคบคู่ เกรตติง และรูเข็มช่องแคบเดี่ยว

ถ้าฉายแสงเลเซอร์ความยาวคลื่น λ ผ่านช่องแคบเดี่ยวที่มีขนาดความกว้าง b ดังรูปที่ 1 แสงที่ผ่านช่องแคบจะเลี้ยวเบนได้ ถ้าช่องแคบเดี่ยวมีความสูงมากกว่าความกว้างมากๆ แสงที่เลี้ยวเบนจะอยู่ในแนวตั้งฉากกับแนวยาวของช่องแคบ จะทำให้เกิดภาพเป็นแถบมืดและแถบสว่างสลับกัน โดยแถบสว่างตรงกลางจะกว้างและสว่างมากที่สุด ส่วนแถบสว่างอันดับต่อไปจะแคบกว่าและความสว่างจะน้อยลงภาพที่ได้ เรียกว่า รุ้งของการเลี้ยวเบน (diffraction pattern) จำนวนแถบสว่างที่จะเห็นได้ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่มาจากช่องแคบและขึ้นกับขนาดของช่องแคบด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.2 รุ้งของการเลี้ยวเบนจากช่องแคบเดี่ยวนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลี้ยวเบนจากช่องแคบเดี่ยว ตำแหน่งของแถบมืดของริ้วของการเลี้ยวเบนจะอยู่ในแนวมุม θ ซึ่งสอดคล้องกับสมการ

$$n\lambda = b \sin \theta_n \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

เมื่อ n คือ อันดับของแถบมืด $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

โดยทั่วไป θ มีค่าน้อย $\sin \theta \cong \tan \theta$

จะได้ $n\lambda = b \tan \theta_n$

$$\lambda = \frac{bX_n}{nD} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

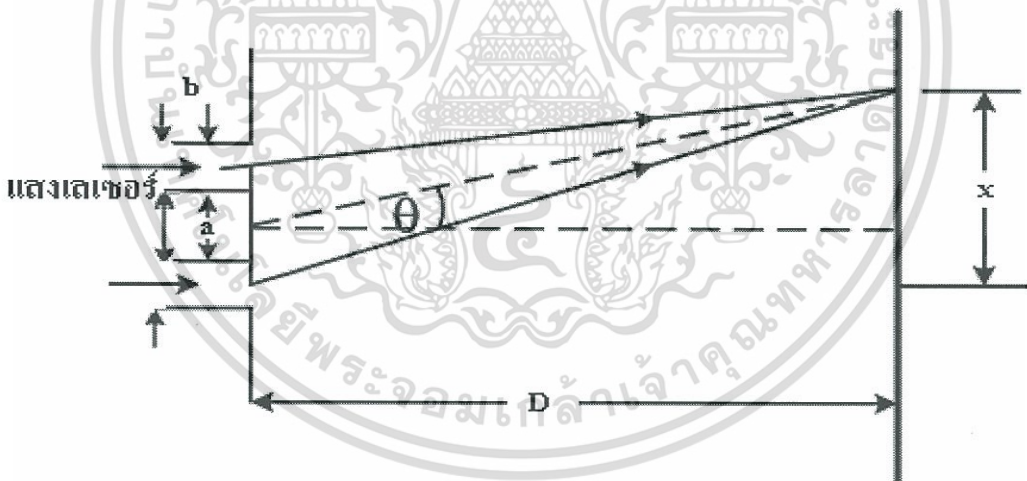
โดยที่ D = ระยะจากช่องแคบเดี่ยวถึงฉาก

X = ระยะจากกลางแถบมืดถึงกลางแถบสว่างกึ่งกลาง

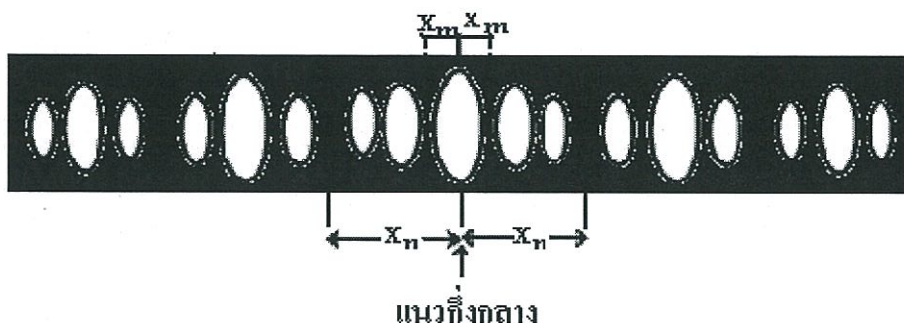
b = ความกว้างของช่องแคบเดี่ยว

ช่องแคบคู่

เมื่อจัดให้แสงเลเซอร์ตกลงบนช่องแคบคู่ที่มีขนาดความกว้างของช่องแคบเป็น b และถ้าระยะห่างระหว่างกึ่งกลางของช่องแคบทั้งสองเป็น a ดังรูปที่ 3 แสงที่ผ่านแต่ละช่องของช่องแคบคู่ จะเกิดการเลี้ยวเบนก่อนหลังจากนั้นจะไปแทรกสอดบนฉากเกิดแถบมืดแถบสว่างของการแทรกสอดให้เห็นในแถบสว่างของการเลี้ยวเบนได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 2.3 แนวทางเดินของแสงผ่านช่องแคบคู่



รูปที่ 2.4 รั้วการแทรกสอดเมื่อแสงผ่านช่องแคบคู่

รั้วของการเลี้ยวเบนจะมีแถบสว่างตรงกลางกว้างที่สุด ความกว้างของแถบสว่างอันดับต่อไปจะลดลง ดังรูปที่ 2 ส่วนรั้วของการแทรกสอด (interference pattern) แถบสว่างและแถบมืดแต่ละแถบมีระยะห่างเท่ากันหมด เมื่อรั้วของการแทรกสอดซ้อนลงบนรั้วของการเลี้ยวเบนจึงได้ผลดังรูปที่ 4 แถบสว่างตรงกลางของรั้วของการเลี้ยวเบนจะมีจำนวนแถบสว่างของรั้วการแทรกสอดมากกว่าที่มีอยู่ในแถบสว่างอันดับถัดไปของรั้วของการเลี้ยวเบน ซึ่งตำแหน่งของแถบมืด อาจบอกเทอมของระยะทางบนฉาก (X_n) ดังนี้

$$X_n = \frac{n\lambda D}{b} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

เมื่อพิจารณาถึงการแทรกสอดโดยแสงจากช่องแคบคู่ ตำแหน่งของแถบมืดของรั้วการแทรกสอดหาได้จากสมการ

$$\frac{2m+1}{2}\lambda = a \sin \theta_m \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

เมื่อ θ_m เป็นมุมที่บอกตำแหน่งของแถบมืด

m เป็นอันดับของแถบมืด

มุม θ เป็นมุมเล็กๆ จะได้

$$\frac{2m+1}{2}\lambda = a \tan \theta_m$$

$$X_m = \frac{(2m+1)\lambda D}{2a} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

เมื่อ X_m เป็นระยะของตำแหน่งกลางแถบมืดที่วัดถึงจุดกลางของแถบสว่างแถบกลาง ตำแหน่งของแถบสว่างของรั้วของการแทรกสอดจะหาได้จากสมการ

$$m\lambda = a \sin \theta_m \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

และ
$$X_m = \frac{m\lambda D}{a} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

เกรตติงเลี้ยวเบน

เกรตติงเป็นแผ่นใสมีเส้นตรงที่บแสงขนานกันอย่างสม่ำเสมอจำนวนมาก แผ่น เกรตติงจึงเป็นแผ่นที่มีช่องแคบจำนวนมากนั่นเอง แสงความยาวคลื่น λ เมื่อผ่านเกรตติงจะมีการเลี้ยวเบนและแทรกสอด ทำนองเดียวกับเมื่อผ่านช่องแคบคู่ โดยปกติขนาดความกว้างของช่องแคบ (b) ของแผ่นไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกรตติงจะมีค่าน้อยและน้อยกว่าระยะระหว่างช่องแคบ (a) มาก ผลจากการแทรกสอดของแสงจึงปรากฏชัดเจน ดังนั้นถ้าเริ่มสังเกตริ้วที่ได้ โดยใช้ช่องแคบที่มีขนาดของช่องค่อยๆ เล็กลงและมีจำนวนช่องค่อยๆ เพิ่มขึ้นจะเห็นได้ว่าแถบสว่างกลางของริ้วการเลี้ยวเบนจะค่อยๆ ว่างขึ้น และจะมีแถบสว่างที่เนื่องจากการแทรกสอดคมชัดมากและอยู่ห่างกันเท่าๆ กัน ยิ่งจำนวนช่องแคบใน 1 หน่วยความยาวของเกรตติงมากขึ้น แถบสว่างกลางของริ้วของการเลี้ยวเบนยิ่งกว้างออก และแถบมืด แถบสว่างของการแทรกสอดที่ปรากฏในแถบสว่างกลางของริ้วการเลี้ยวเบน ก็ยิ่งแยกห่างจากกันมากขึ้น ผลที่ได้เป็นดังรูป ที่ 5 ตำแหน่งของแถบสว่างเหล่านี้จะหาได้จากสมการ (6) คือ

$$m\lambda = a \sin \theta_m$$

เมื่อ a คือ ระยะห่างระหว่างช่องแคบ 2 ช่องที่ติดกัน

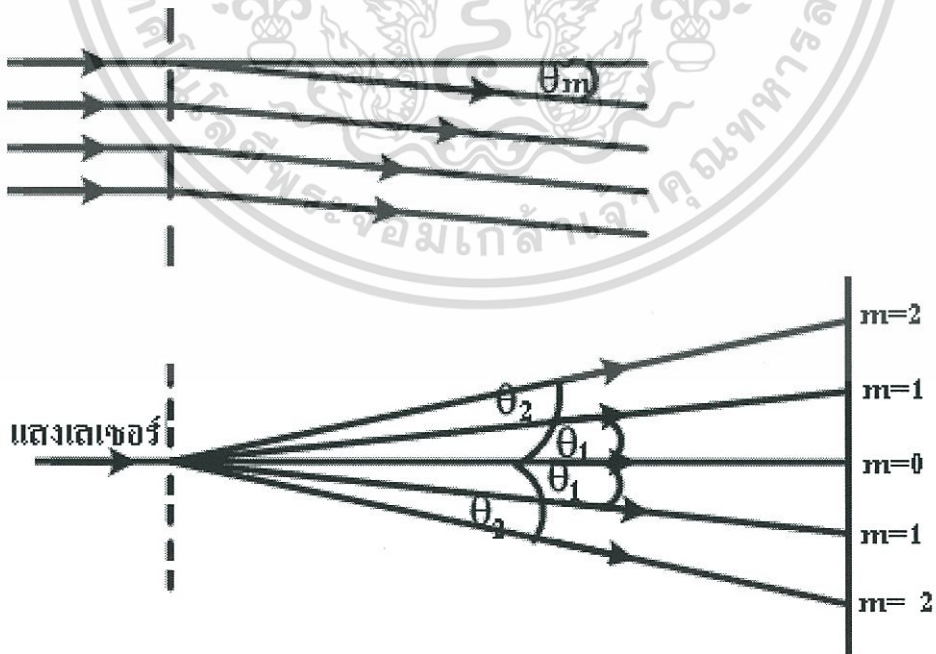
m คือ อันดับของแถบสว่างที่ได้บนฉาก

m = 0 คือ แถบสว่างที่อยู่กลางฉากอยู่ในแนวของแสงตก เรียกว่า แถบสว่างอันดับที่ศูนย์

m = $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ คือ แถบสว่างอันดับที่ 1, 2, 3, ... ทางด้านขวาและด้านซ้ายของแถบสว่างอันดับที่ศูนย์ ตามลำดับ

เกรตติงเป็นอุปกรณ์ที่สามารถสร้างขึ้นด้วยความละเอียดสูงมาก ค่ามุมที่รับภาพก็อาจวัดได้อย่างแม่นยำ ทำให้วิธีการวัดค่าความยาวคลื่นเป็นไปอย่างสะดวกและมีความแม่นยำสูง ค่าความยาวคลื่นหาได้ดังนี้

$$\lambda = \frac{a \sin \theta_m}{m} \dots\dots\dots (2.8)$$



รูปที่ 2.5 การเลี้ยวเบนเนื่องจากเกรตติง

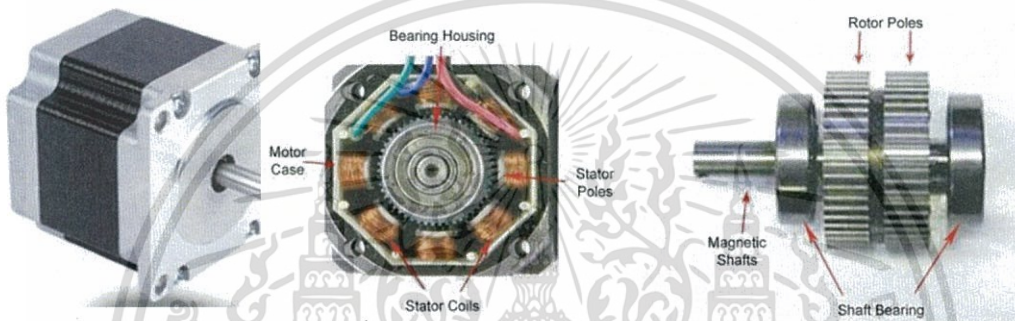
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกรตติงส่วนใหญ่จะให้มุม θ_1 มากกว่า 10 องศา ซึ่งไม่ถือว่าเป็นมุมเล็กๆ ค่า $\sin \theta$ จึงไม่เท่ากับ $\tan \theta$ ดังนั้นจะต้องมีความระมัดระวังในการคำนวณเป็นพิเศษ

เกรตติงเลี้ยวเบน เป็นอุปกรณ์ทัศนศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความยาวคลื่นในสเปกตรัมของแสง

2.2 สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor)

สเต็ปป์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ ลักษณะการขับเคลื่อนจะหมุนรอบแกนได้ 360 องศา มีลักษณะไม่ต่อเนื่องแต่มีลักษณะเป็นสเต็ป โดยแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้ 1, 1.5, 1.8 หรือ 2 องศา แล้วแต่ละโครงสร้างของมอเตอร์ลักษณะที่นำมาใช้ในงาน ที่ต้องการตำแหน่งแม่นยำ เช่น ระบบขับเคลื่อนหัวแม่พิมพ์ในเครื่องพิมพ์ ระบบขับเคลื่อนหัวอ่านในเครื่องอ่านบันทึกแม่เหล็ก ระบบขับเคลื่อนตาแหน่งของปากกาใน X-Y Plotter เป็นต้น



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของ Stepping motor

2.2.1 ประเภทของสเต็ปมอเตอร์

สเต็ปมอเตอร์ที่พบในปัจจุบันมี 3 ลักษณะดังนี้

1) แบบแม่เหล็กถาวร (PERMANENT MAGNET-PM)

สเต็ปมอเตอร์แบบ PM จะมีสเตเตอร์ (STATOR) ที่พันขดลวดไว้หลายๆ โพล โดยมี โรเตอร์ (ROTOR) เป็นรูปทรง กระบอกฟันเลื่อย และโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร เมื่อป้อนไฟกระแสตรงให้กับขด สเตเตอร์ จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าผลักต่อโรเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนมอเตอร์แบบ PM จะเกิดแรงดูดยึดให้โรเตอร์หยุดอยู่กับที่ แม่เหล็กจะไม่ได้อ้อนไฟเข้าขดลวด

2) แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ (VARIABLE RELUCTANCE- VR)

สเต็ปมอเตอร์แบบ VR จะมีการหมุนโรเตอร์ได้อย่างอิสระ แม่เหล็กไม่ได้จ่ายไฟให้ โรเตอร์ทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติก กาลังอ่อนมีลักษณะเป็นฟันเลื่อย รูปทรงกระบอกโดยจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนโพลในสเตเตอร์ แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปหมุนโรเตอร์ ไปในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนซ์ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอนและมีเสถียรภาพแต่จะเกิดขึ้นได้หลายๆจุด ดังนั้นเมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่างๆในมอเตอร์แตกต่างกันไป ก็ทำให้มอเตอร์ หมุนไปตาแหน่งต่างๆ กัน โรเตอร์ของ VR จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วรอบสูงกว่ามอเตอร์แบบ PM

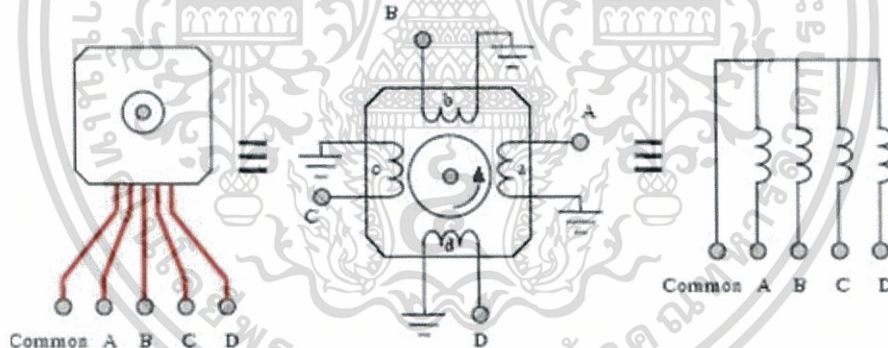
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) แบบผสม (HYBRID-H)

สเต็ปมอเตอร์แบบ H จะเป็นลูกผสมของ VR กับ PM โดยจะมีสเตเตอร์คล้ายกับที่ใช้ใน VR โรเตอร์มีหมวกหุ้ม ปลายซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็กที่มีกำลังสูง โดยการควบคุมขนาดรูปร่างของ หมวกแม่เหล็กอย่างดีทำให้ได้มุม การหมุนและครั้งน้อยและแม่นยำ ข้อดีก็คือ ให้แรงบิดสูงและมี ขนาดกะทัดรัด และให้แรงดูดยึดโรเตอร์นิ่งกับที่ตอนไม่จ่ายไฟ

2.2.2 การควบคุม Stepping Motor

Stepping Motor เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งมี Input เป็นกลุ่ม ของ Binary Voltage และ Output การเคลื่อนที่ในเชิงมุม (หมุน) แกนหมุน (Shaft) เป็น Step โดย Resolution ของ Stepping Motor อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.1 - 30 องศา ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างของ Stepping Motor หรือ บอกเป็นจำนวน Step ต่อ 1 รอบ Stepping Motor สามารถควบคุมตำแหน่งการหมุนได้ ซึ่งจะมี ความละเอียดของมุมในการหมุนและ Step ที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับ ชนิดของมอเตอร์ และลักษณะการส่งสัญญาณไปควบคุมมอเตอร์ ทำให้ Stepping Motor มีความยืดหยุ่นในการ นำมาใช้งานทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นหุ่นยนต์หรือแขนกลต่างๆ เนื่องจากมีความแม่นยำในการควบคุมตำแหน่งสูง



หลักการทำงาน คือ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด Stator Coil A, B, C, D ไม่พร้อมกัน นั่นคือ ถ้าเราจ่ายกระแสให้ A ก่อน โดยไม่จ่ายให้ขดอื่น แล้วตามด้วย B, C และ D เรียงตามลำดับ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก หมุนในลักษณะตามเข็มนาฬิกา ซึ่งส่วนของ Rotor ที่เป็นแม่เหล็กถาวรก็จะ หมุนตามสนามแม่เหล็กไปด้วย คือ ตามเข็มนาฬิกา ในทำนองเดียวกันถ้าเราจ่ายกระแสให้ขด A, D, C, B, A.... ก็จะทำให้ สนามแม่เหล็กหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งส่งผลให้ Rotor หมุนทวนเข็มนาฬิกา การกำหนดความเร็วของ Stepping Motor ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลง ความเร็วของการเปลี่ยนการจ่ายกระแสจากขดลวดขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่งให้เร็วขึ้น

2.2.3 การควบคุม Stepping Motor แบบ 4 เฟส

ในการควบคุมการทำงานของ Stepping Motor สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

1) ควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (Wave) อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการควบคุมการหมุนของ Stepping แบบ 4 เฟส นั้น เราจะต้องกระตุ้นให้มอเตอร์หมุนไปแต่ละ Step โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ Stepping ทีละเฟสตามลำดับ หลักการคือเริ่มจากจ่ายกระแสให้กับขดลวด Stator เฟสที่ 1 จากนั้นกระตุ้นเฟสที่ 2 และ เฟสที่ 3 ไปเรื่อยๆ ตามลำดับ จากนั้นก็วนกลับมาที่ขดลวด Stator เฟสที่ 1 อีกครั้งและวน Loop ไปเรื่อยๆ ก็จะทำให้ Stepping Motor หมุนและในทางกลับกันถ้าต้องการให้ Stepping Motor หมุนกลับทาง ก็ต้องกระตุ้นขดลวด Stator เฟส 4 เฟส 3 เฟส 2 และ เฟส 1 ตามลำดับ สามารถเขียนขั้นตอนการทำงานเป็นตารางออกมาได้ดังนี้

ตารางที่ 2.2.1 การควบคุมแบบ Full step 1 เฟส หรือแบบเวฟ

Step	เฟส4	เฟส3	เฟส2	เฟส1	การหมุน
Step1	ON	OFF	OFF	OFF	
Step2	OFF	ON	OFF	OFF	
Step3	OFF	OFF	ON	OFF	
Step4	OFF	OFF	OFF	ON	

2) ควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส

ในการควบคุม Stepping Motor แบบ 2 เฟส นั้น เราจะต้องจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์ทีละ 2 เฟสในเวลาเดียวกันและเรียงกันไปตามลำดับซึ่งได้แสดงดังในตารางที่ 2.2.2 โดย Stepping Motor จะหมุนเหมือนกับการควบคุมแบบเวฟ แต่การควบคุมแบบ 2 เฟสจะให้แรงบิดที่สูงกว่าแบบเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2.2 การควบคุมแบบ Full step 2 เฟส หรือ แบบ 2 เฟส

Step	เฟส4	เฟส3	เฟส2	เฟส1	การหมุน
Step1	ON	ON	OFF	OFF	
Step2	OFF	ON	ON	OFF	
Step3	OFF	OFF	ON	ON	
Step4	ON	OFF	OFF	ON	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3) ควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป

การควบคุม Stepping Motor แบบครึ่งสเต็ปจะทำให้เราสามารถเพิ่มความละเอียดในการควบคุมการหมุนของ Stepping Motor ได้แม่นยำมากขึ้นซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างการควบคุมแบบเวฟและแบบ Full Step 2 เฟสเข้าด้วยกัน

ตารางที่ 2.2.3 การควบคุมแบบ Half step หรือ แบบครึ่งสเต็ป

Step	เฟส4	เฟส3	เฟส2	เฟส1	การหมุน
Step1	ON	OFF	OFF	OFF	
Step2	OFF	ON	ON	OFF	
Step3	OFF	OFF	ON	OFF	
Step4	OFF	OFF	ON	ON	
Step5	OFF	OFF	ON	OFF	
Step6	OFF	OFF	ON	ON	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step7	OFF	OFF	OFF	ON	
Step8	ON	OFF	OFF	ON	



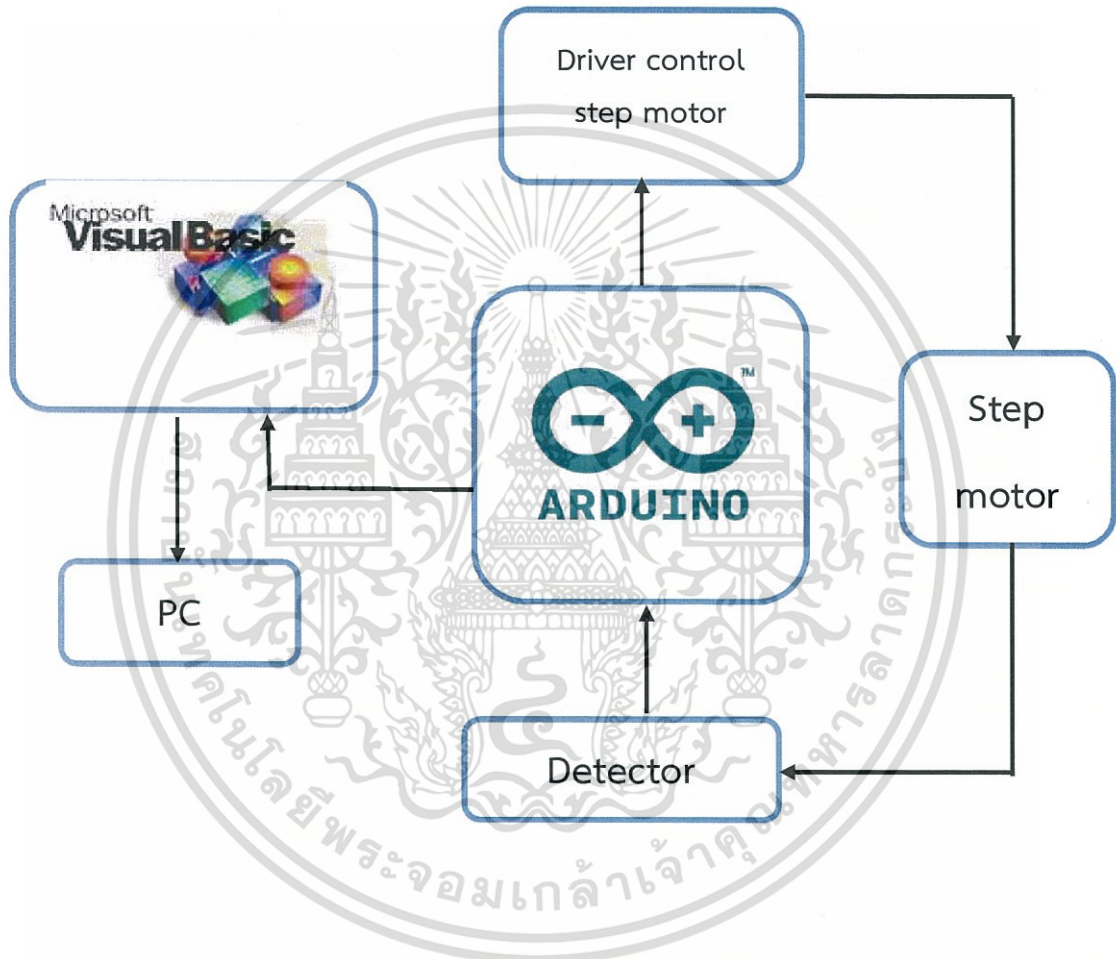
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินการ

ในบทที่ 3 นี้ เป็นการศึกษาและออกแบบชุดทดลองเรื่องการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการบันทึกข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การออกแบบวงจร



รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพไดอะแกรมของเครื่องมือ

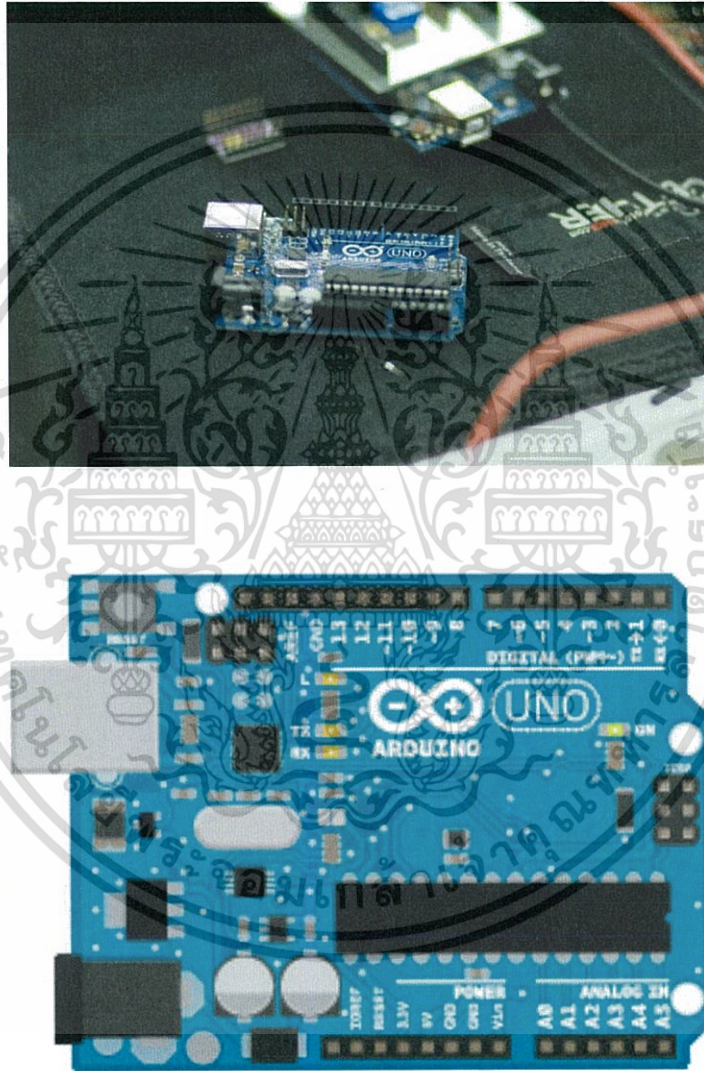
3.1.1 ส่วนติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างตัวอุปกรณ์ Arduino กับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้โดยผ่านโปรแกรม visual basic ในการแสดงผลและควบคุม และจะใช้ visual basic ในการดำเนินการทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ส่วนการประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ในการควบคุมการทำงานของวงจรโดยมีหน้าที่ในการติดต่อทางพอร์ต USB รับส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลข้อมูลและควบคุมอุปกรณ์ในการแสดงสถานะของเครื่องมือรับคำสั่งจากโปรแกรม visual basic และรับค่าจาก Detector ส่งการทำงานไปยังตัวควบคุม Stepper motor



รูปที่ 3.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

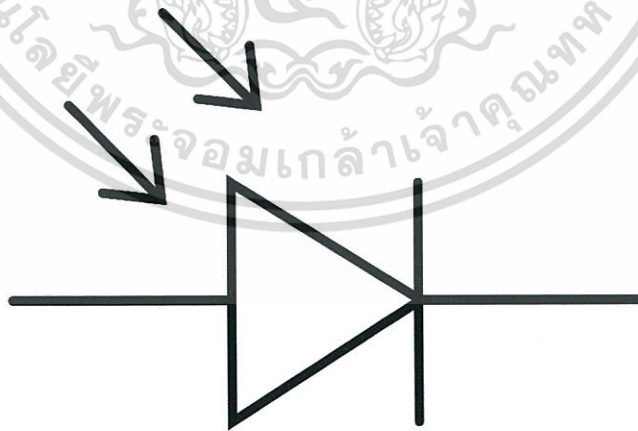
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ส่วนรับแสง

โฟโตไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่สามารถทำหน้าที่นำกระแสได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบที่ตัวอุปกรณ์ สัญญาณลักษณะของโฟโตไดโอดแสดงดังรูปด้านล่าง ในขณะที่ไม่มีแสงมาตกกระทบโฟโตไดโอดจะมีกระแสรั่วไหลประมาณ 10 ไมโครแอมป์ โฟโตไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่มีอิมพีแดนซ์สูง เหมาะสำหรับทำงานในวงจรกำลังไฟฟ้าต่ำ การนำโฟโตไดโอดมาใช้งานจำเป็นต้องมีการออกแบบวงจรที่ซับซ้อนกว่า LDR อย่างไรก็ตาม โฟโตไดโอดมีข้อได้เปรียบตรงที่การตอบสนองในการทำงานเป็นเชิงเส้นและมีความไวในการทำงานสูงกว่า LDR โดยใช้เวลาในการตอบสนองการทำงานเพียง 200 นาโนวินาที ดังนั้นโฟโตไดโอดจึงนิยมนำไปใช้งานในวงจรที่มีการตอบสนองด้วยความเร็วสูงเช่น ตัวอ่านเทป ความเร็วสูง และออปโตไอโซเลเตอร์ เป็นต้น



รูปที่ 3.3 photodiode 970 nm , 16.4 sq mm

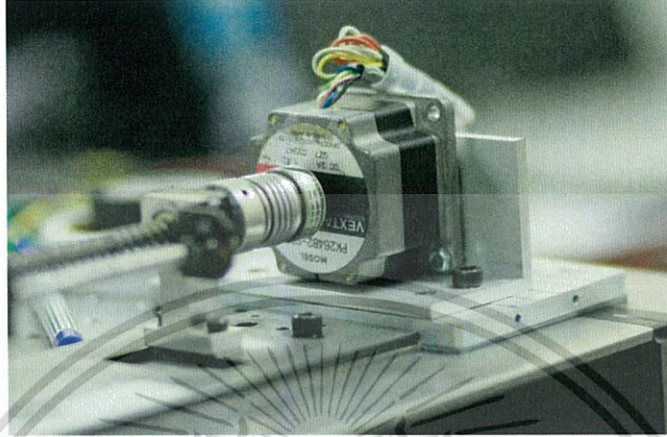


รูปที่ 3.4 วงจรส่วนรับแสงโดยใช้ Photo Resistor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ส่วนสเต็ปมอเตอร์ แบบ 2 เฟส

ในงานโครงการพิเศษนี้เลือกใช้สเต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟส ที่มีโครงสร้างขดลวด ชนิด แบบ ขดไม่อิสระ ของ VEXTA Model pk264B2-sg36 ที่มีความละเอียดจากเดิมคือ 0.225 องศาต่อ สเต็ป



รูปที่ 3.5 VEXTA Model pk264B2-sg36

การคำนวณ

ทำการควบคุมเป็นแบบ Micro step 1/16 จะได้

- ❖ ถ้า 1600 step เคลื่อนที่ไป 360 องศา
- 1 step เคลื่อนที่ไป 0.225 องศา

จากการทดลองหมุน 1 รอบ ในรางเลื่อน จะหมุนไปได้ระยะทาง 25.8 cm ของรางเลื่อน

- ❖ ถ้า 1600 step เคลื่อนที่ไป 2.38 cm
- ถ้า 1 step เคลื่อนที่ไป 0.00148 mm

ถ้าจะใช้ step ทั้งหมดในการหมุนให้ครบรางเลื่อน คือระยะ 25.8 cm

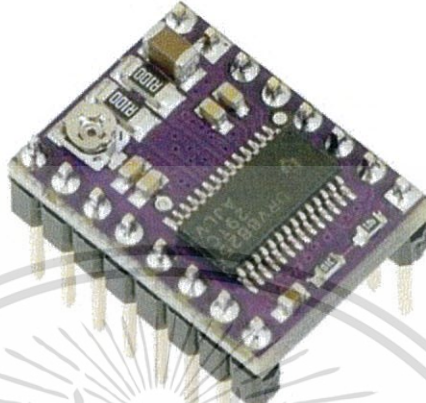
- ❖ ถ้า 2.3 cm เคลื่อนที่ไป 1600 step
- ถ้า 25.8 cm เคลื่อนที่ไป 17947 step

- ❖ จะเคลื่อนที่ให้ครบรางเลื่อนจะต้องใช้ทั้งหมด 17277 step ในการหมุน

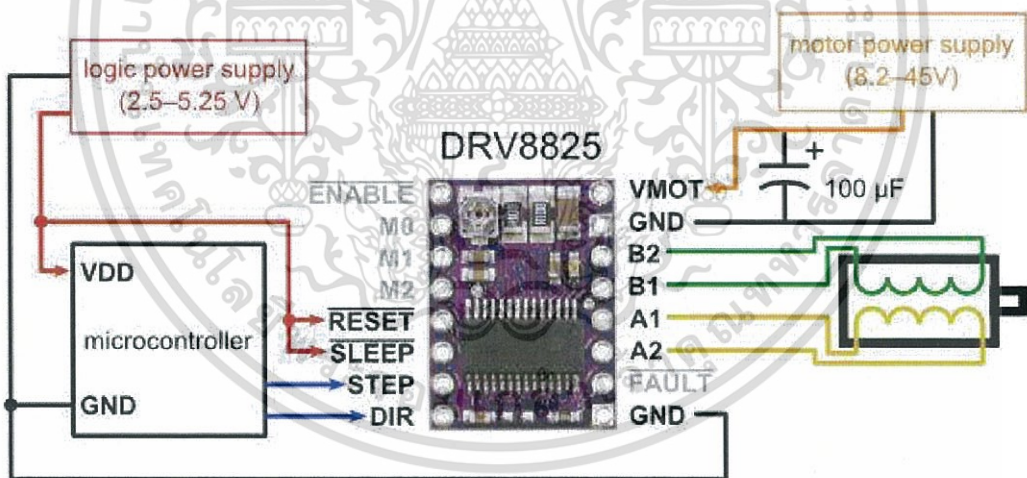
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ส่วนการควบคุมสเตปเปอร์มอเตอร์

ตัวคอนโทรล DRV8825 ทำหน้าที่ในควบคุมสเตปเปอร์มอเตอร์ไปควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวตรวจจับแสง ใช้ในการขับสเตปเปอร์มอเตอร์โดยการทำงานจะรับค่าบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ให้ตัวบอร์ดสั่งการมาที่ ตัวคอนโทรล DRV 8825 ให้ทำการขับมอเตอร์



รูปที่ 3.6 ตัวคอนโทรลสเตปป์มอเตอร์แบบ DRV8825

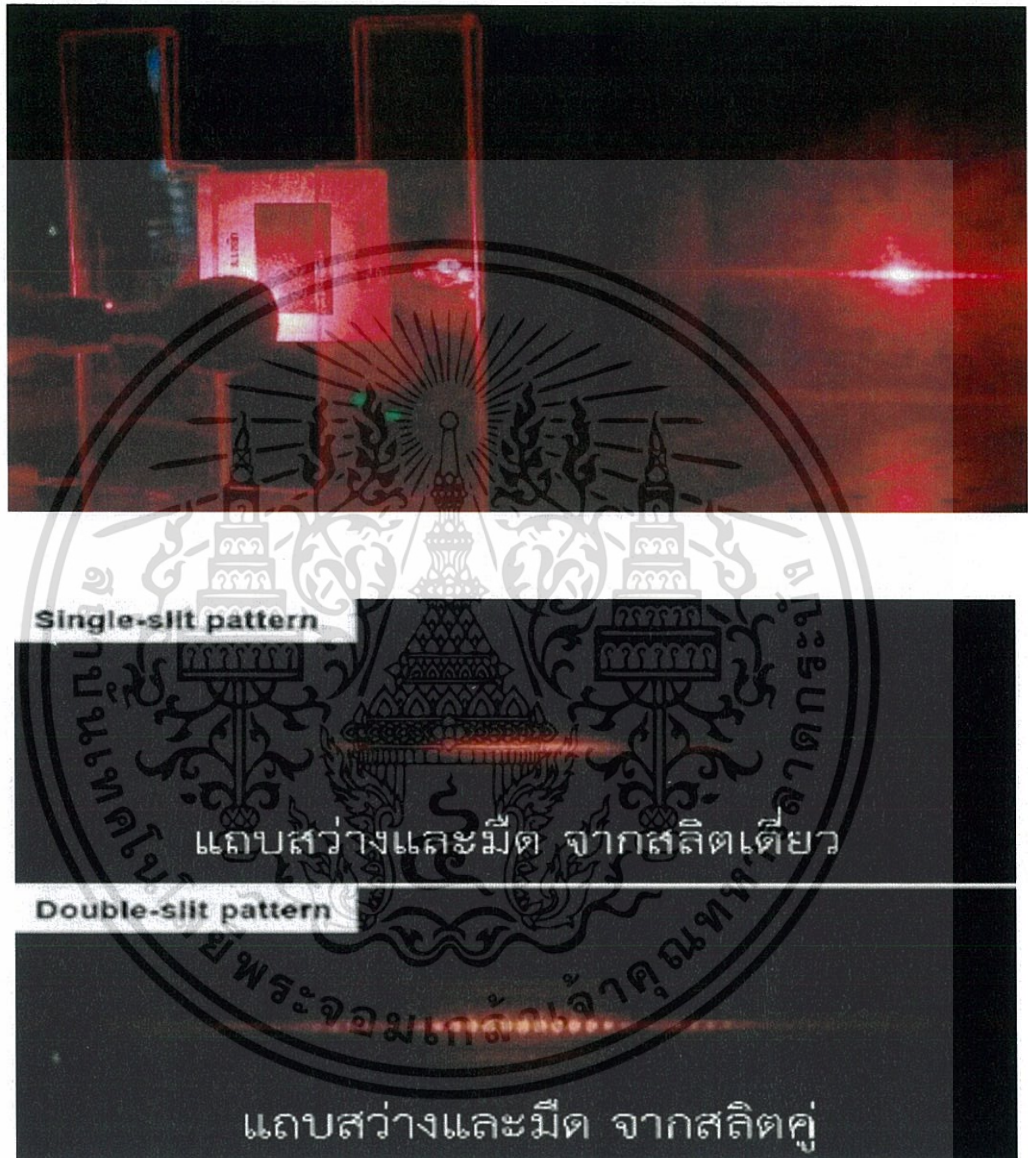


รูปที่ 3.7 วงจรควบคุม สเตปเปอร์มอเตอร์โดยใช้ตัวควบคุม DRV 8825

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 ส่วนของแผ่นหักเหที่ใช้ทำการทดลอง (สลิตเดี่ยว, สลิตคู่)

ในการทดลองนี้จะใช้แผ่น สลิตเดี่ยวและ สลิตคู่มาศึกษาหาความแตกต่างของแสงเมื่อแสงผ่านเข้าไปยังสลิตทั้งสอง และใช้ตัวตรวจจับแสงมารับแสง แล้วส่งค่าที่ได้ไปประมวลผลในโปรแกรมอีกครั้ง ผลลัพธ์สุดท้ายจะเป็นกราฟรูปแบบการแทรกสอดของแสงที่ผ่านสลิตเดี่ยวและ สลิตคู่

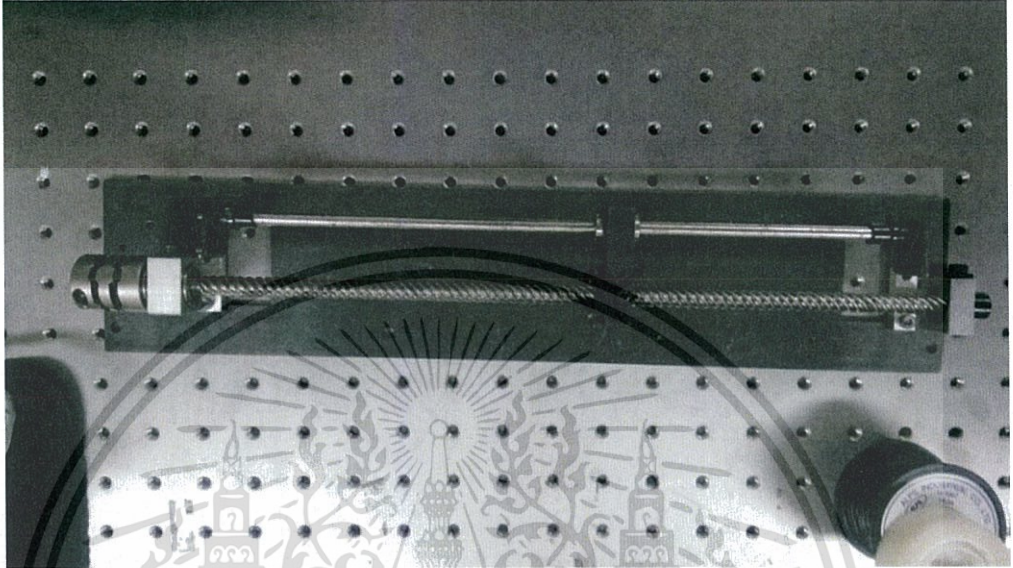


รูปที่ 3.8 แสดงแถบสว่างและมืด จากสลิตเดี่ยวและสลิตคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 ส่วนของฐานรางเลื่อน

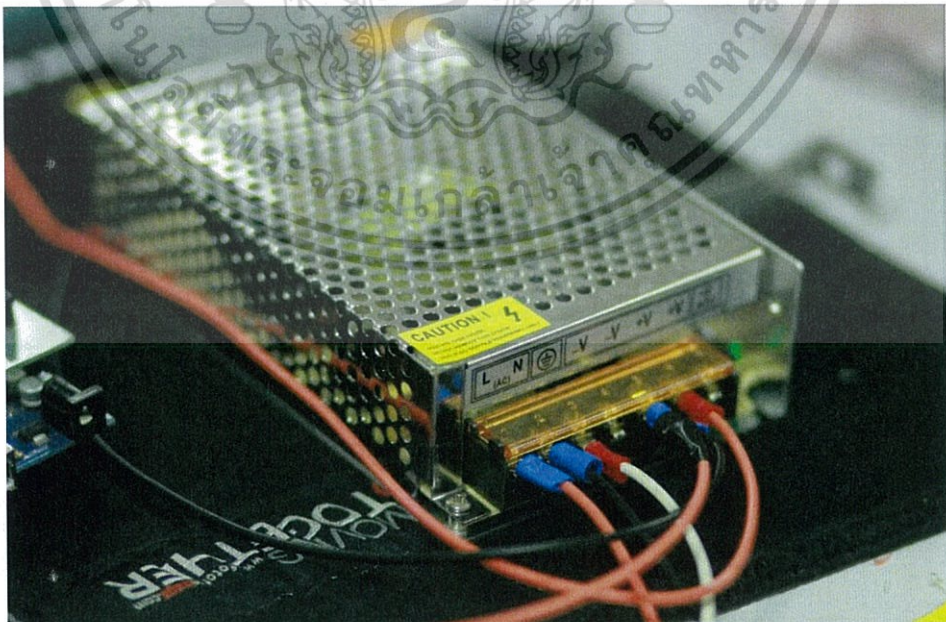
ใช้ในการเลื่อนและเคลื่อนที่ให้ตัวตรวจจับแสงโดยรางเลื่อนจะมันตัวจับกับตัวหมุนของ สเต็ป มอเตอร์ให้มีการเคลื่อนที่เพื่อตรวจจับแสงจากสลิตเดี่ยวและคู่บนฉาก



รูปที่ 3.9 รางเลื่อนที่ใช้ในการทำโครงงาน

3.1.8 ส่วนของการจ่ายไฟ

ในส่วนนี้จะใช้การจ่ายไฟในการทำงานของบอร์ดควบคุมมอเตอร์โดยใช้ Power supply แบบ Switching 12VDC ดังแสดงในรูป 3.10



รูปที่ 3.10 Power supply แบบ Switching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

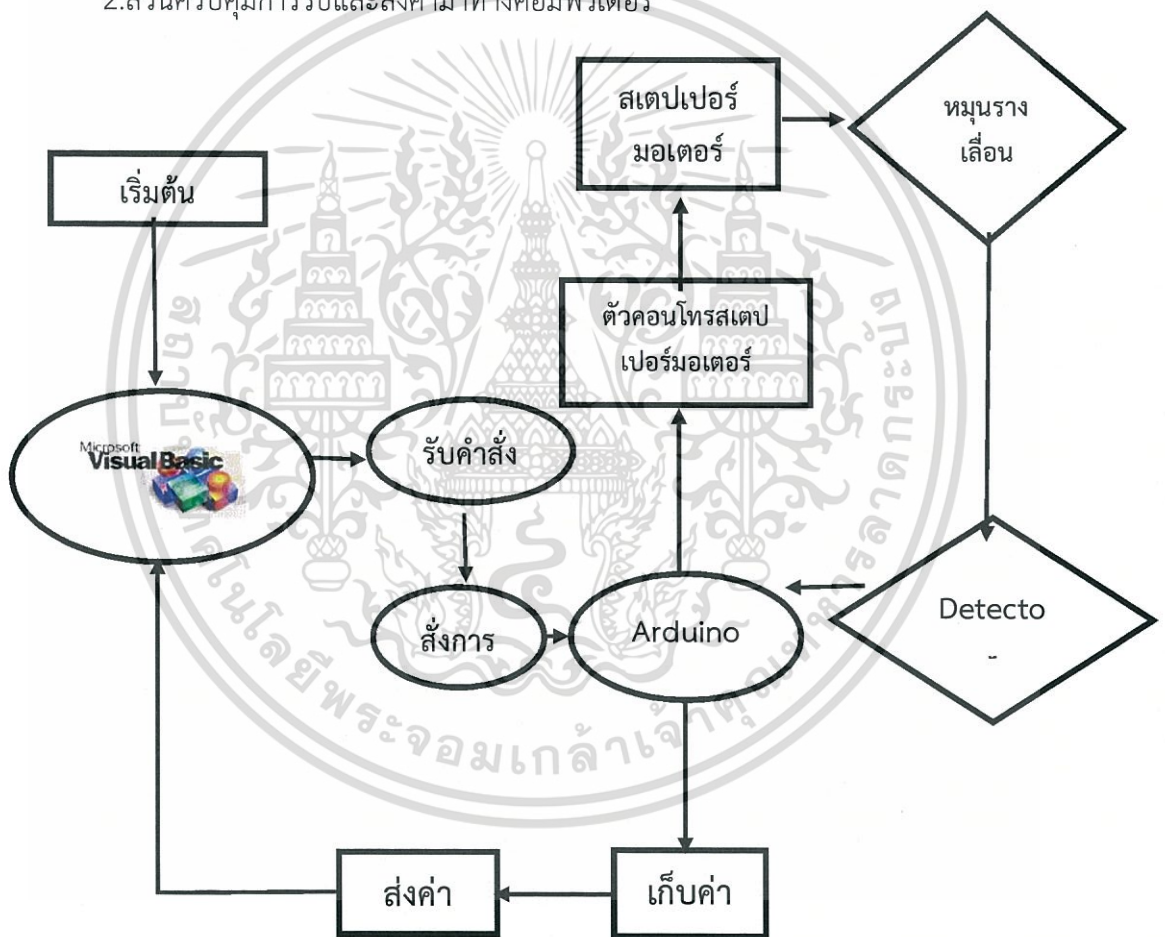
3.2 การพัฒนาโปรแกรม

ในโครงการพิเศษนี้จะใช้โปรแกรม visual basic และโปรแกรมสำเร็จรูป Arduino ในการดำเนินงานทั้งหมดและใช้ควบคุมการรับค่ากลับมาบันทึกค่าได้

3.2.1 โปรแกรม visual basic และ Arduino

ลักษณะโปรแกรมนี้จะมีรูปแบบที่เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปและสามารถเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้สะดวกและรวดเร็วมีลักษณะรูปแบบโปรแกรมที่ไม่ยุ่งยากและซับซ้อนมากนักซึ่งสามารถ ติดต่อรับส่งและสั่งงานผ่าน Comport หรือ USB ได้โดยง่าย ซึ่งโปรแกรมในหน้าต่างที่พัฒนาจะแบ่งได้เป็น

1. ส่วนของควบคุมมอเตอร์
2. ส่วนควบคุมการรับและส่งค่ามาทางคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.11 แสดงรูปการพัฒนาโปรแกรมขั้นตอนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดลองเครื่องวัดที่ได้สร้างขึ้น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน

4.1 การทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์

4.1.1 ทดสอบการทำงานของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

4.1.2 ทดสอบการทำงานของ Photodiode

4.2 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม

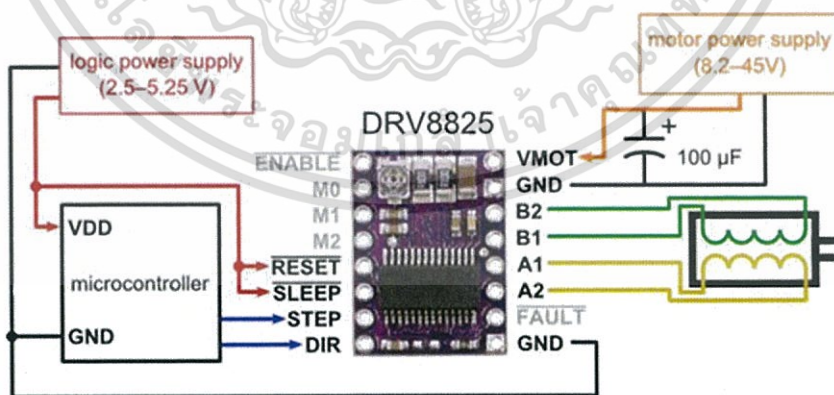
4.2.1 ทดสอบการสั่งงานให้สเตปมอเตอร์หมุนไปซ้ายขวาที่กำหนดสเตปได้

4.2.2 ทดสอบการนำค่าจากกราฟในโปรแกรม Visual basic มาพล็อตกราฟจัดรูปในโปรแกรม Excel และคำนวณค่าในทฤษฎีที่กล่าวเบื้องต้น

4.1 การทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์

เมื่อทำการออกแบบอุปกรณ์ในแต่ละส่วนแล้วจะต้องมีการนำมาทดสอบการทำงานในแต่ละส่วนที่กล่าวมาข้างต้นก่อนที่จะนำมาประกอบกัน ในหัวข้อนี้จะทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละส่วน

4.1.1 ทดสอบการทำงานของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ในส่วนจะต้องต่อวงจรดังรูป



รูปที่ 4.1 วงจรทดสอบการทำงานของ DRV8825

เมื่อทำการป้อนสัญญาณอินพุตที่ขา STP และ DIR และส่งข้อมูลเป็นลักษณะเป็นเลข Binary ขนาดข้อมูล 16 บิตส่งการเป็นสัญญาณ ดิจิตอล 0 และ 1 ทำให้มอเตอร์หมุนไปซ้ายไปขวาตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ทดสอบการทำงาน Photodiode

จากการทดสอบอุปกรณ์ได้ทำการใช้แสงหรือเลเซอร์ส่องไปที่ตัว Photodiode ผลที่ได้ค่าความต่างศักย์ (Voltage) มีค่าเพิ่มหรือลดเมื่อมีแสงเข้าไปที่ Photodiode

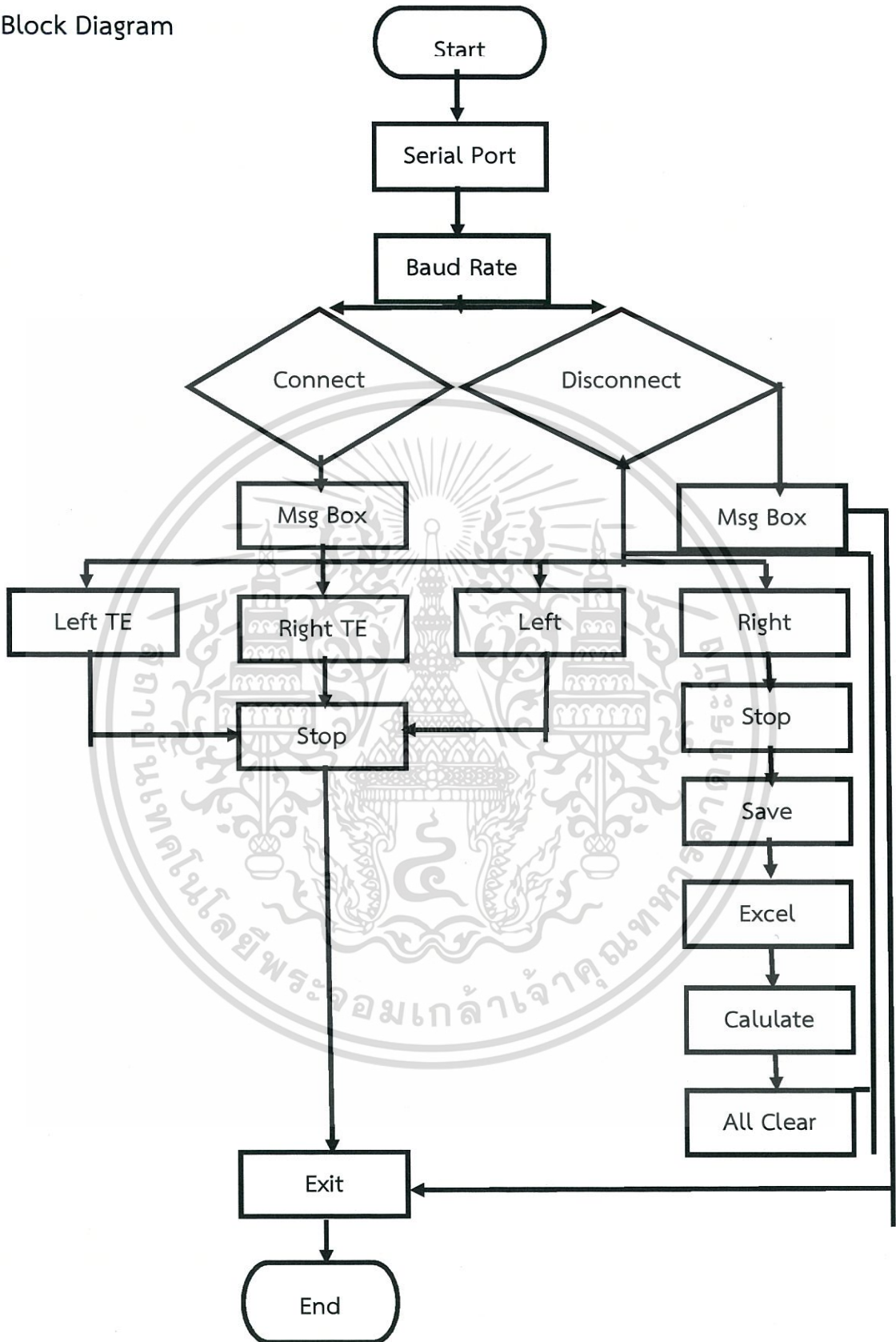
4.2 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม

4.2.1 ทดสอบการสั่งงานให้สเตปมอเตอร์หมุนไปซ้ายขวากำหนดสเตปได้



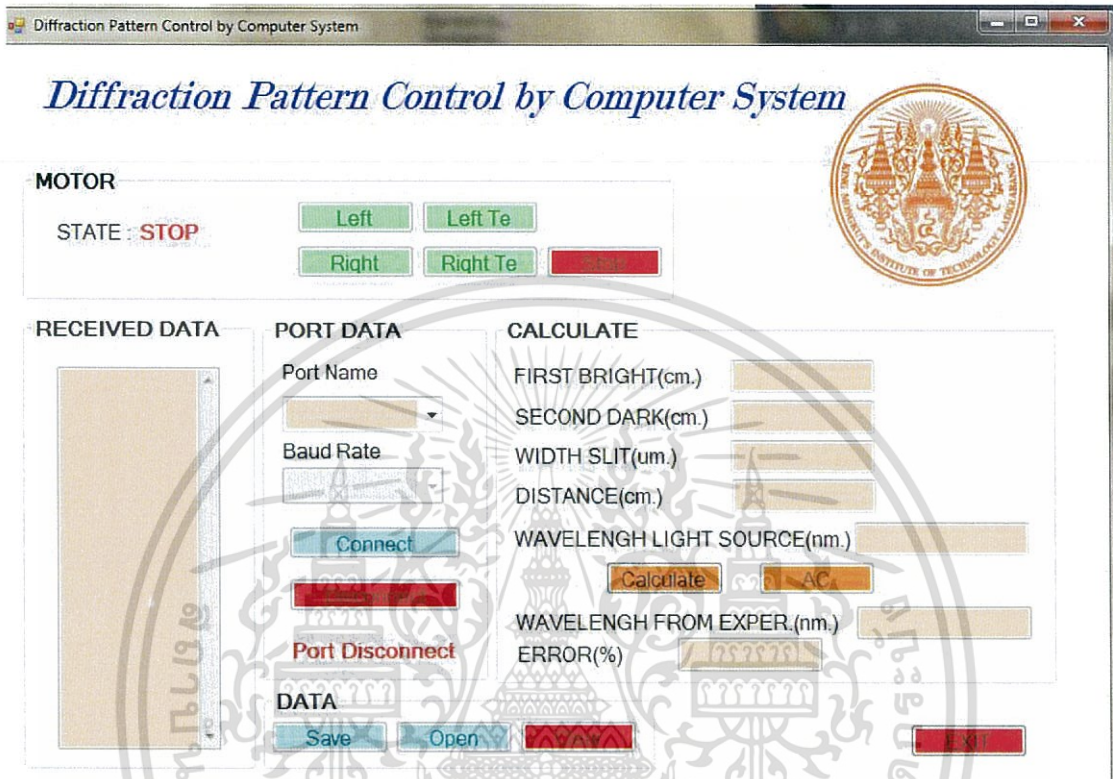
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าต่างของโปรแกรมจะมีปุ่มให้สเตปมอเตอร์หมุนไปซ้ายและขวาซึ่งสั่งการโดยการกดปุ่มส่งคำสั่งจากการทดสอบพบว่าสเตปเปอร์มอเตอร์หมุนตามคำสั่งที่ทำการกดปุ่มดังแสดงในรูปหน้าต่างโปรแกรมดังกล่าว

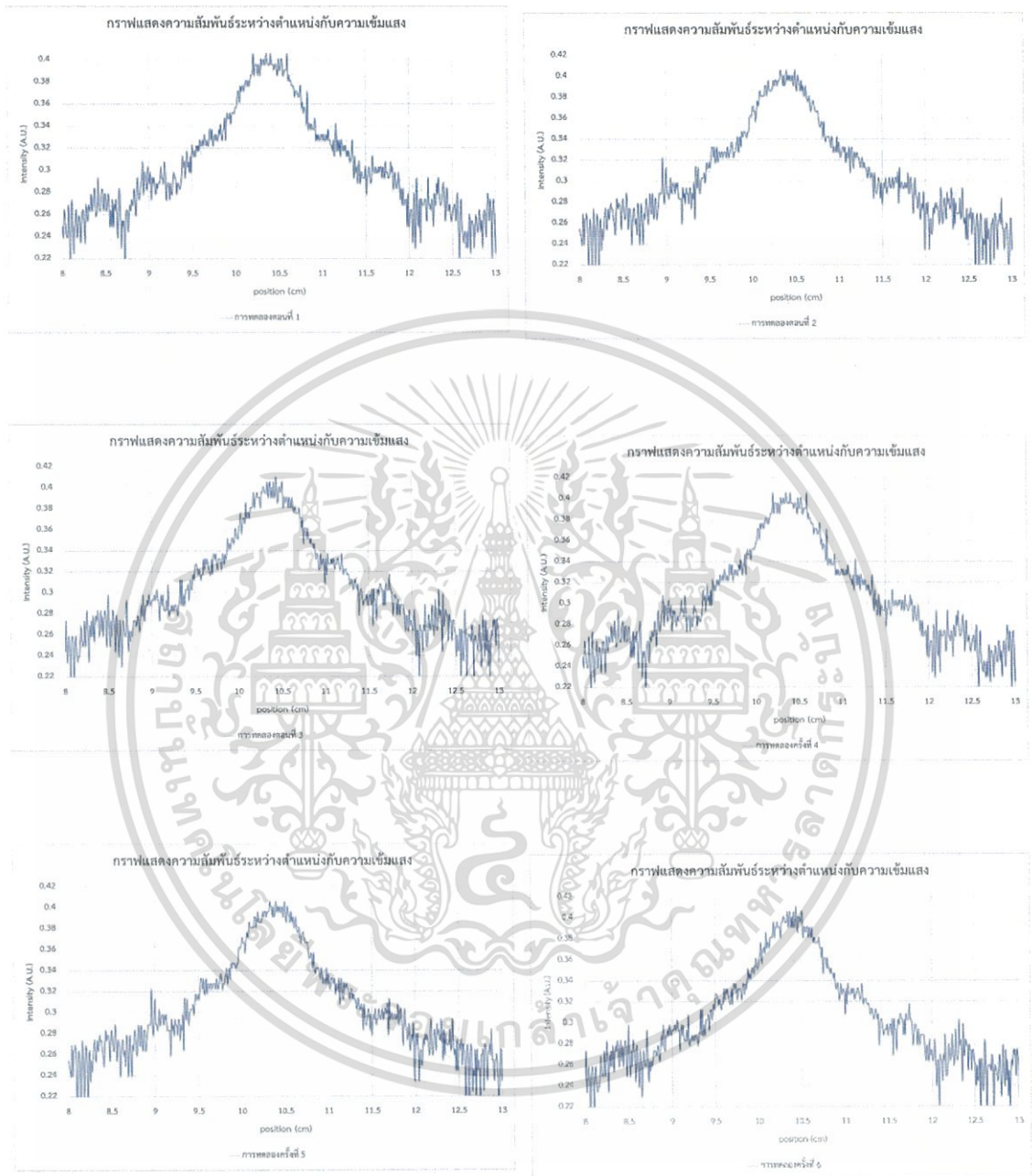


รูปที่ 4.2 หน้าต่างโปรแกรมควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

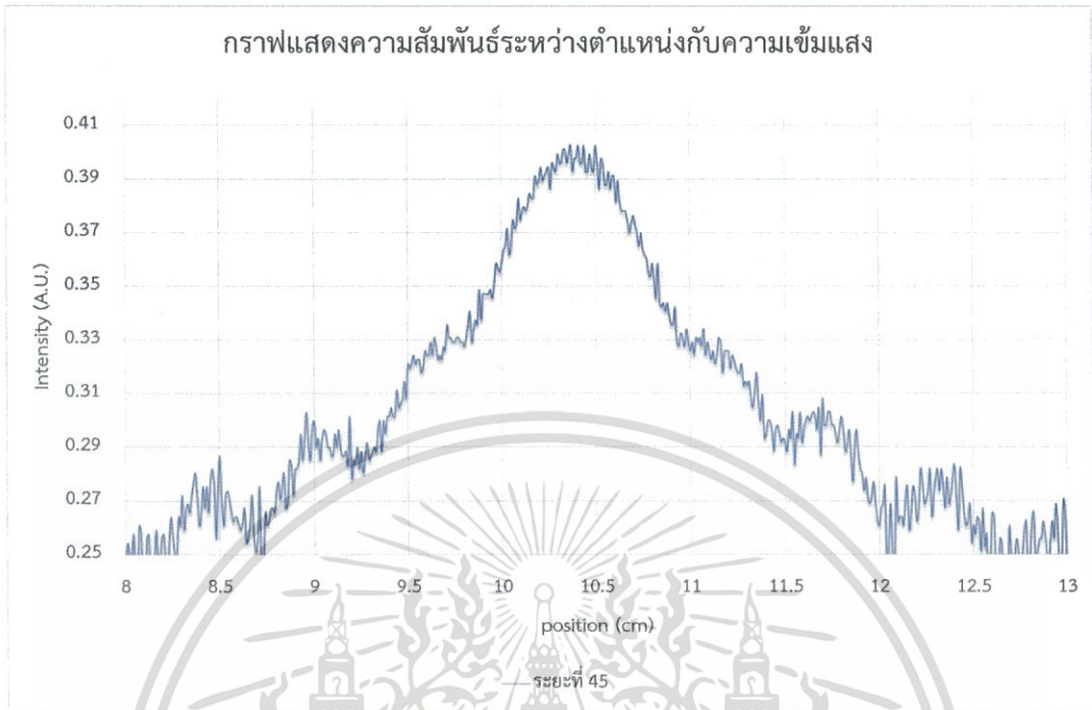
4.2.2.1 สลิตเดี่ยว ระยะที่ 45 ซม. ทำการทดลองทั้งหมด 6 ครั้ง



รูปที่ 4.3 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 45 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 กราฟเฉลี่ยสลิทเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 45 cm



รูปที่ 4.4 กราฟเฉลี่ยสลิทเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 45 cm



การคำนวณ

จากสมการ $d \sin \theta = n \lambda$ เมื่อ $\tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$

แทนค่าลงในสมการ $d \sin \theta = n \lambda$ จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left(\frac{1.14 \times 10^{-2}}{45 \times 10^{-2}} \right) = 2 \lambda$$

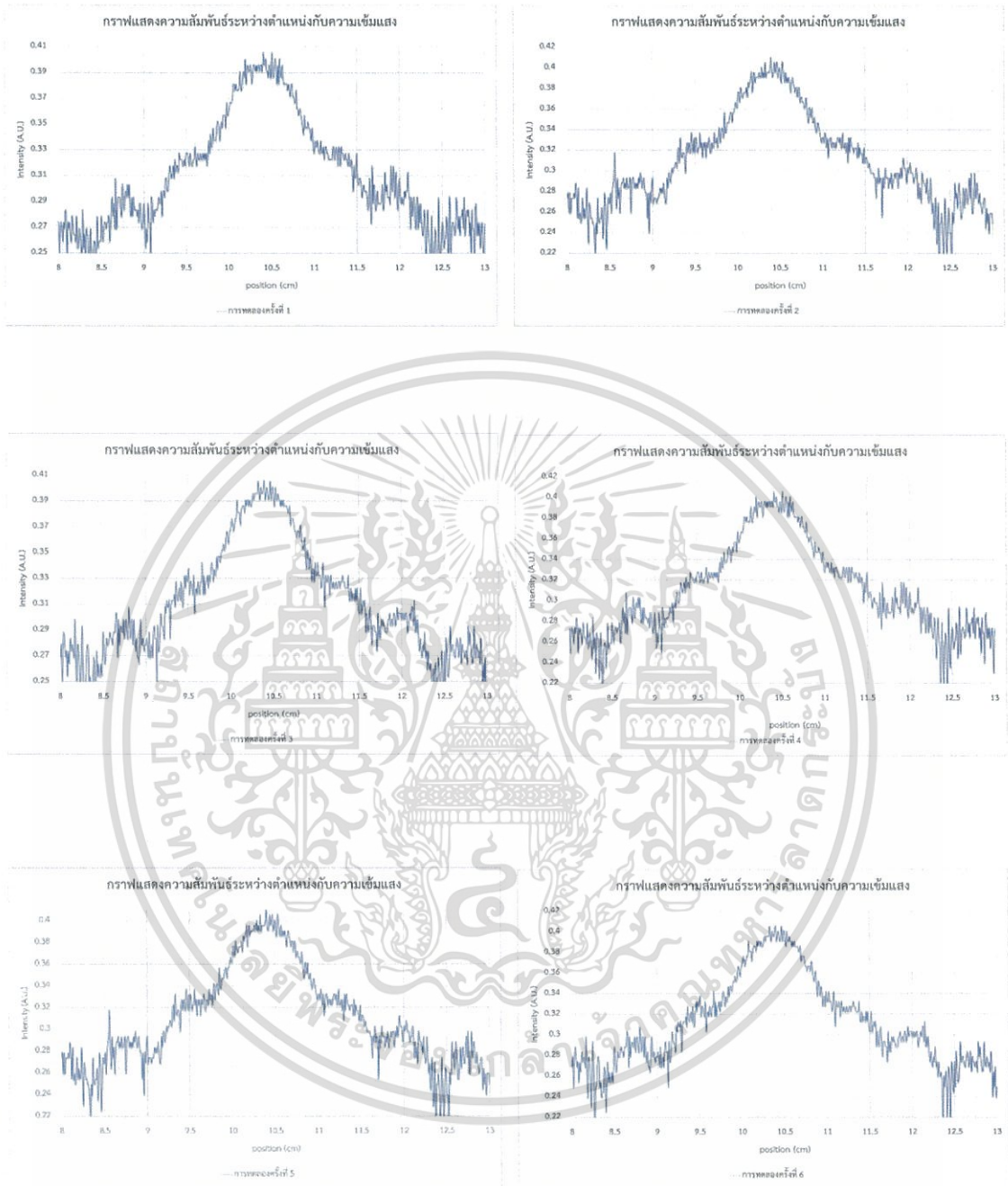
☞ จะได้ความยาวคลื่นมีค่า 633.3 nm

$$\text{☞ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (\%)} = \frac{632.8 - 633.3}{632.8} \times 100\%$$

$$= 0.07 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 สลิตเดี่ยว ระยะที่ 55 ซม. ทำการทดลองทั้งหมด 6 ครั้ง



รูปที่ 4.5 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง $50 \mu\text{m}$ ระยะที่ 55 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.4 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 55 cmรูปที่ 4.6 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 55 cm

การคำนวณ

จากสมการ $d \sin \theta = n \lambda$ เมื่อ $\tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$

แทนค่าลงในสมการ $d \sin \theta = n \lambda$ จะได้

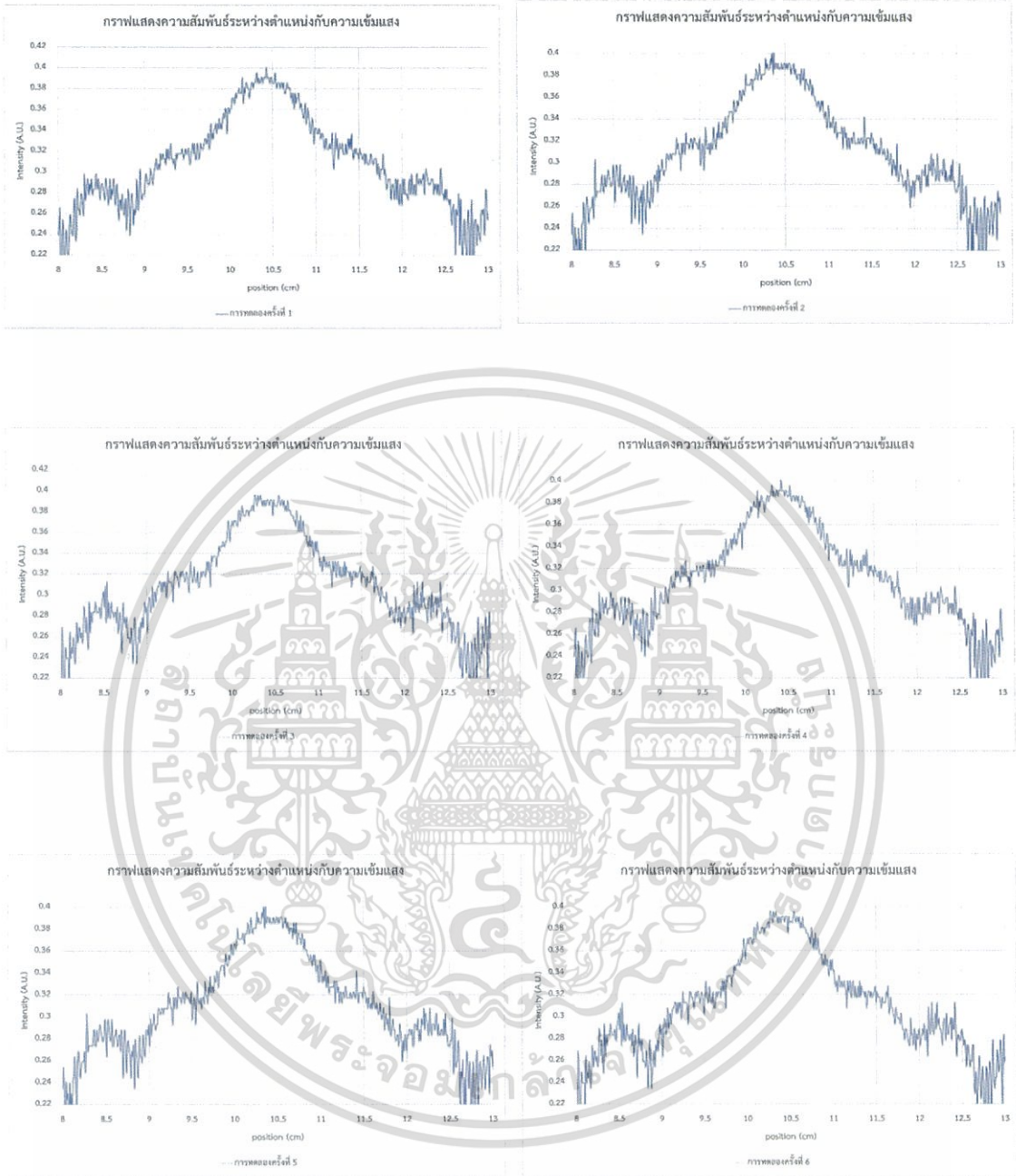
$$50 \times 10^{-6} \times \left(\frac{1.39 \times 10^{-2}}{55 \times 10^{-2}} \right) = 2 \lambda$$

☞ จะได้ความยาวคลื่นมีค่า 631.8 nm

$$\begin{aligned} \text{☞ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (\%)} &= \frac{632.8 - 631.8}{632.8} \times 100\% \\ &= 0.15\% \end{aligned}$$

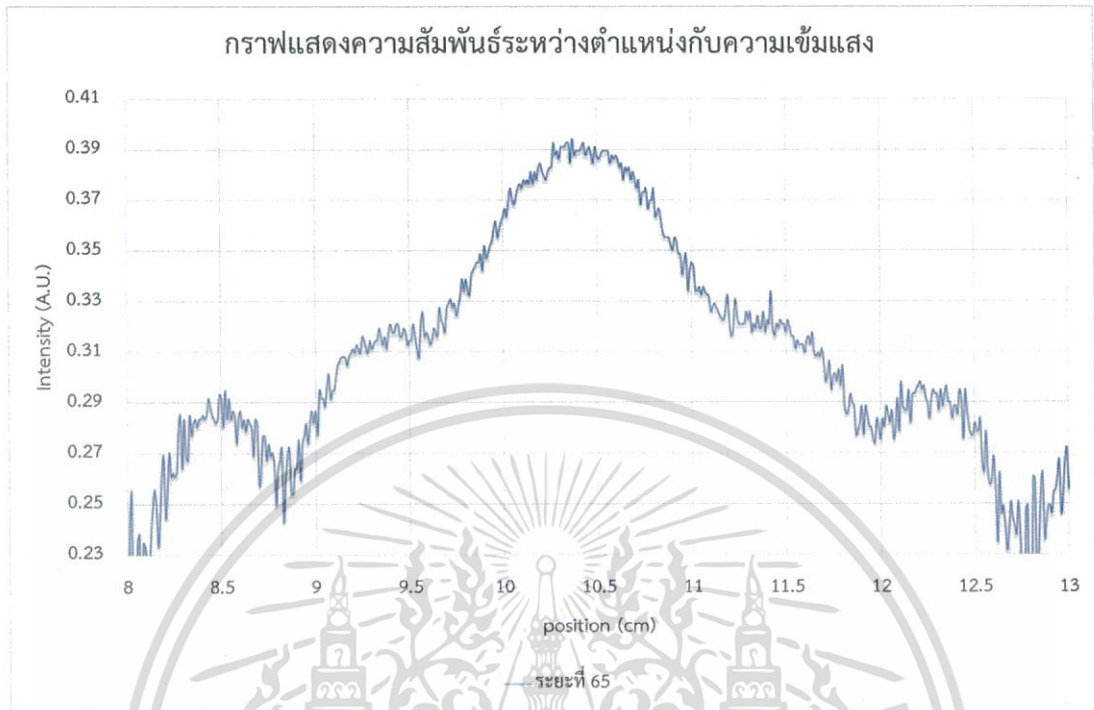
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.5 สลิตเดี่ยว ระยะที่ 65 ซม. ทำการทดลองทั้งหมด 6 ครั้ง



รูปที่ 4.7 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 65 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.6 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 65 cmรูปที่ 4.8 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 65 cm

การคำนวณ

จากสมการ $d \sin \theta = n \lambda$ เมื่อ $\tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$

แทนค่าลงในสมการ $d \sin \theta = n \lambda$ จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left(\frac{1.65 \times 10^{-2}}{65 \times 10^{-2}} \right) = 2 \lambda$$

☞ จะได้ความยาวคลื่นมีค่า 634.6 nm

☞ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%) = $\frac{632.8 - 634.6}{632.8} \times 100\%$

$$= 0.28 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ตารางที่ 4.2.2.1 ค่าการคำนวณหาความยาวคลื่นแต่ละระยะจากสลิตเดี่ยวกว้าง 50 μm
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.2.1 ค่าการคำนวณหาความยาวคลื่นแต่ละระยะจากสลิตเดี่ยวกว้าง 50 μm

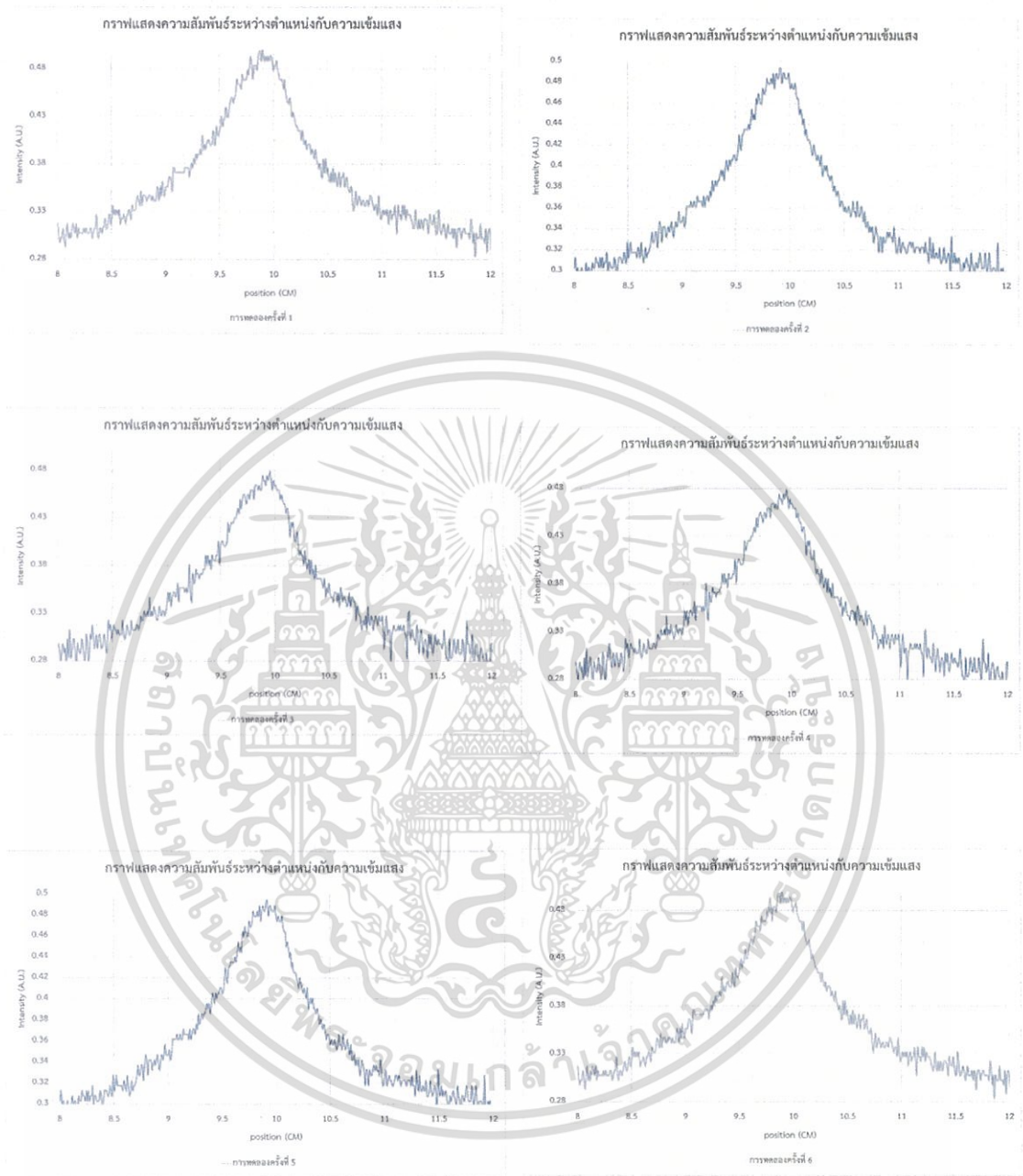
ระยะทาง (cm)	เฉลี่ย
45	633.3
55	631.8
65	634.6

ตารางที่ 4.2.2.2 % ความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละระยะ จากสลิตเดี่ยวกว้าง 50 μm

ระยะทาง (cm)	%ค่าความคลาดเคลื่อน
45	0.07 %
55	0.15 %
65	0.28 %

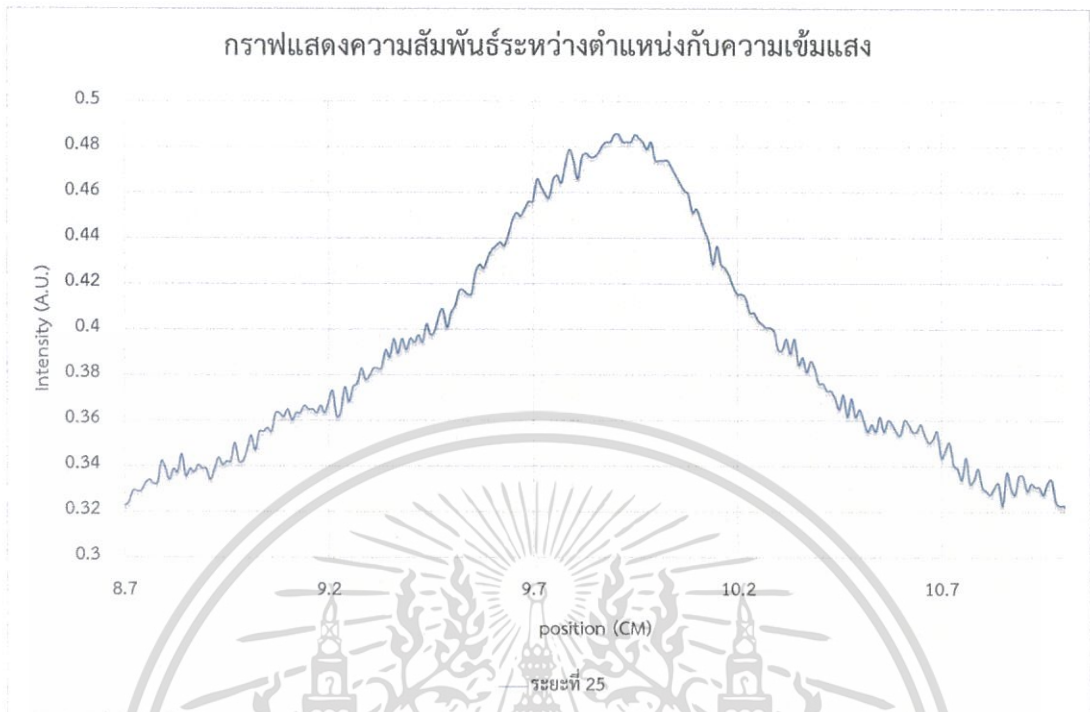
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.7 สลิตเดี่ยว ระยะที่ 25 ซม. ทำการทดลองทั้งหมด 6 ครั้ง



รูปที่ 4.9 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 25 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.8 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 25 cmรูปที่ 4.10 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 25 cm

การคำนวณ

จากสมการ $d \sin \theta = n \lambda$ เมื่อ $\tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$

แทนค่าลงในสมการ $d \sin \theta = n \lambda$ จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left(\frac{0.53 \times 10^{-2}}{65 \times 10^{-2}} \right) = 2 \lambda$$

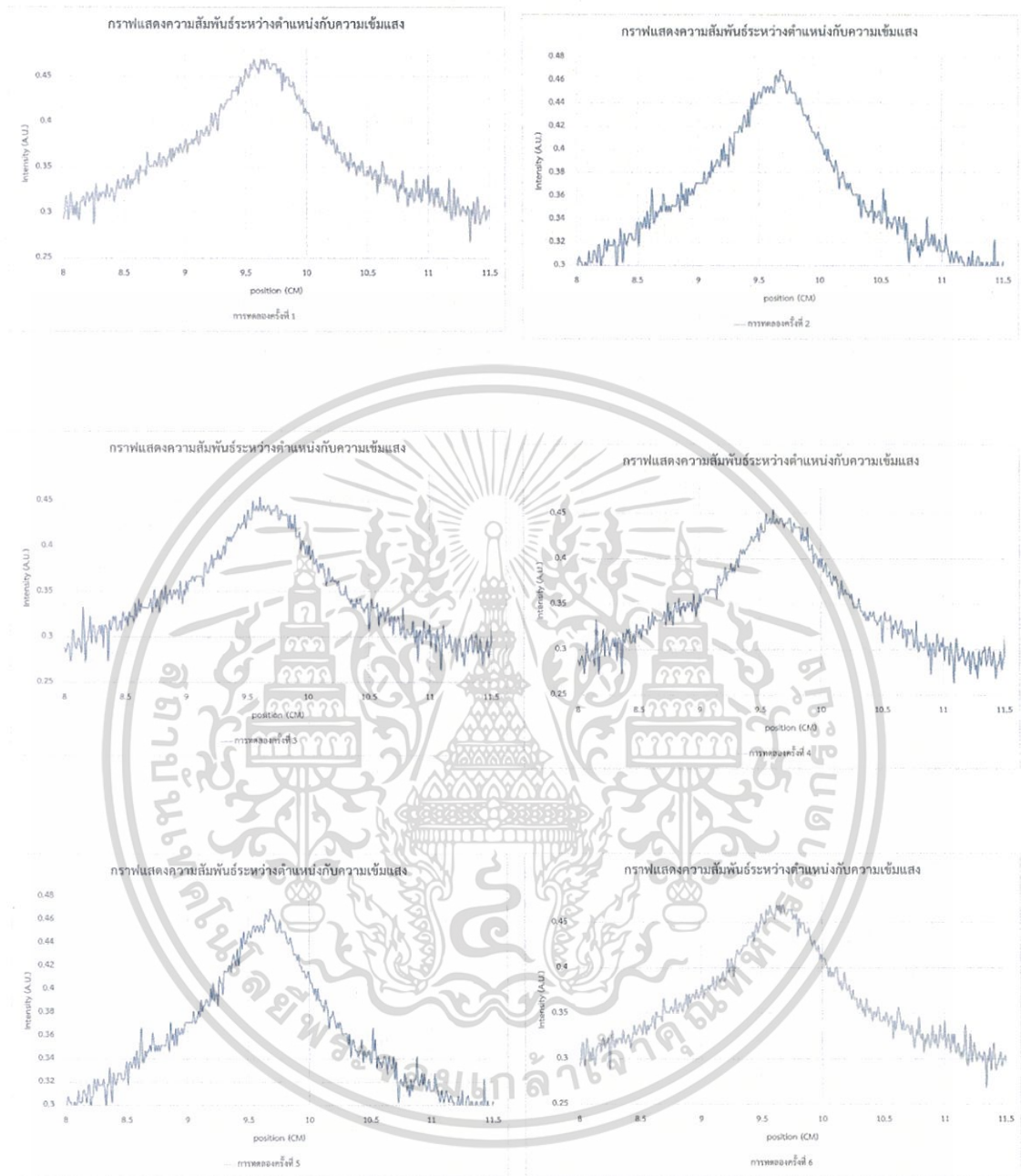
☞ จะได้ความยาวคลื่นมีค่า 529.9 nm

$$\text{☞ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (\%)} = \frac{532 - 529.9}{532} \times 100\%$$

$$= 0.39 \%$$

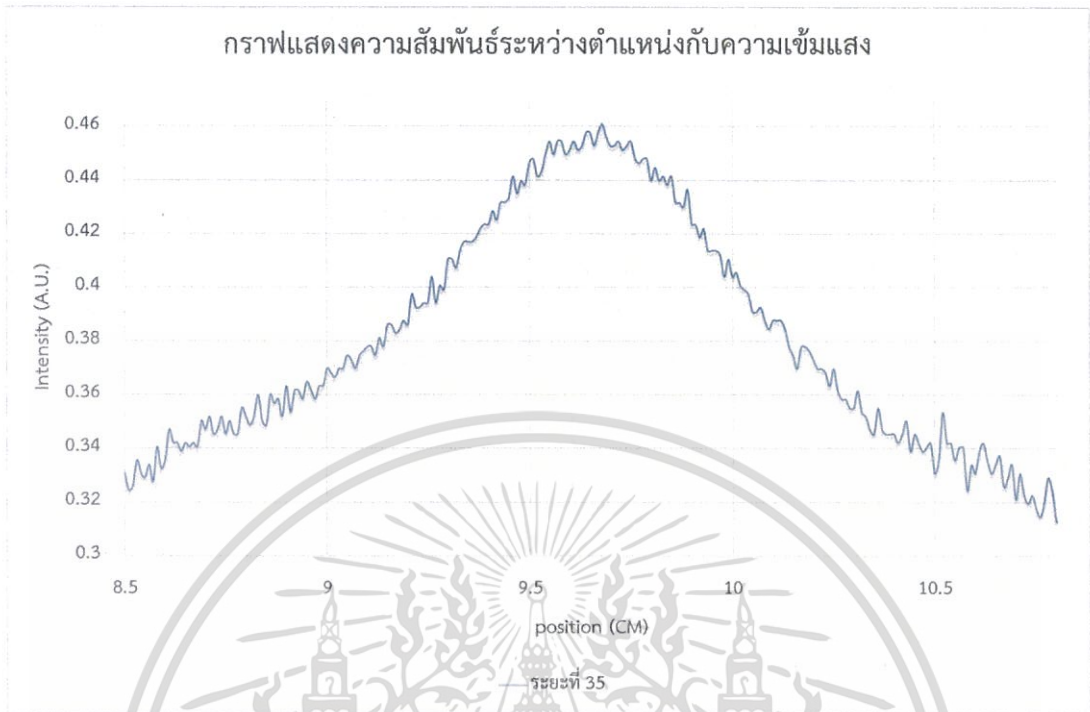
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.9 สลิตเดี่ยว ระยะที่ 35 ซม. ทำการทดลองทั้งหมด 6 ครั้ง



รูปที่ 4.11 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 35 ซม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.10 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 35 cmรูปที่ 4.12 กราฟเฉลี่ยสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 35 cm

การคำนวณ

จากสมการ $d \sin \theta = n \lambda$ เมื่อ $\tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$ แทนค่าลงในสมการ $d \sin \theta = n \lambda$ จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left(\frac{0.74 \times 10^{-2}}{35 \times 10^{-2}} \right) = 2 \lambda$$

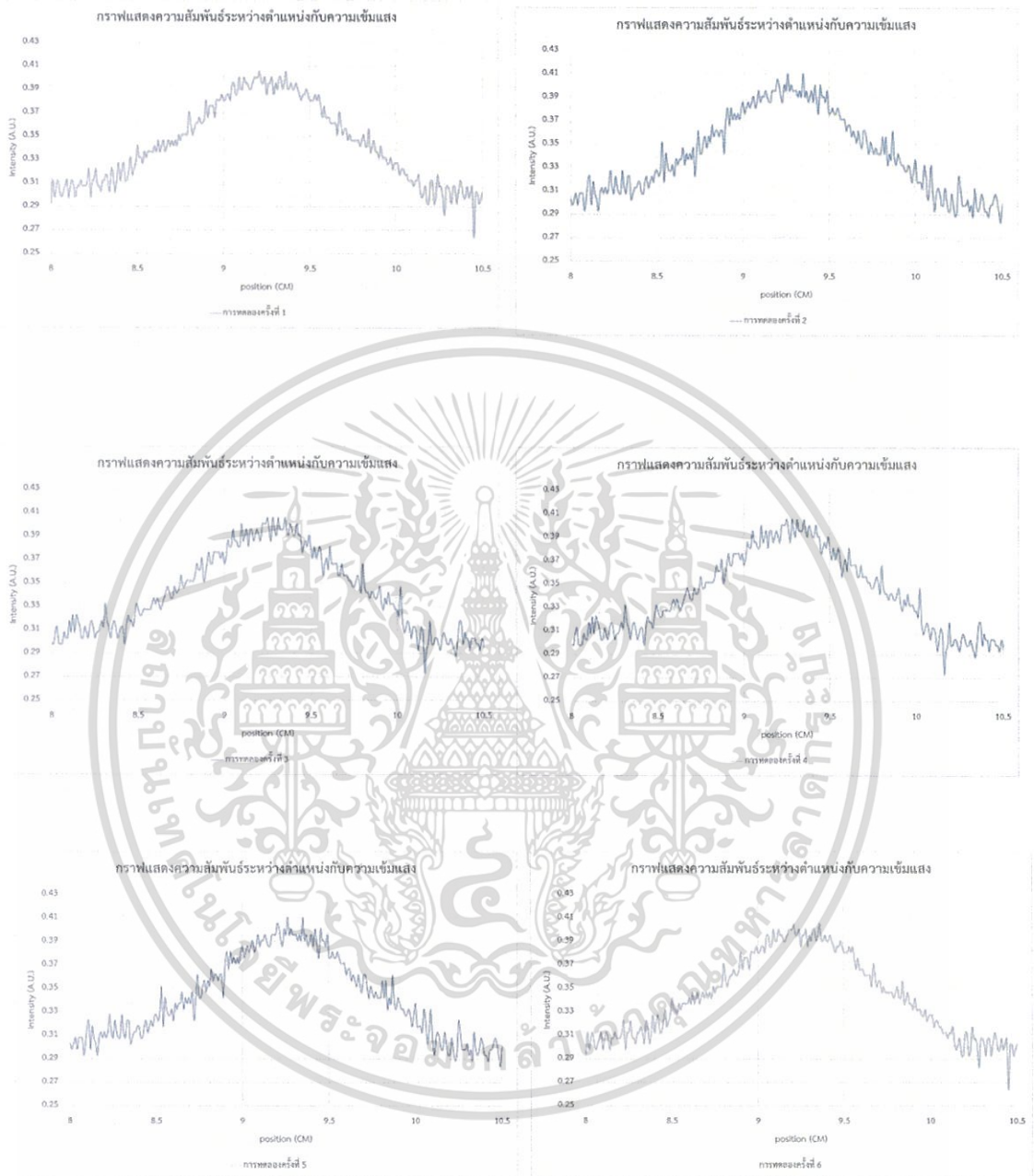
☞ จะได้ความยาวคลื่นมีค่า 528.5 nm

$$\text{☞ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (\%)} = \frac{532 - 528.5}{532} \times 100\%$$

$$= 0.65 \%$$

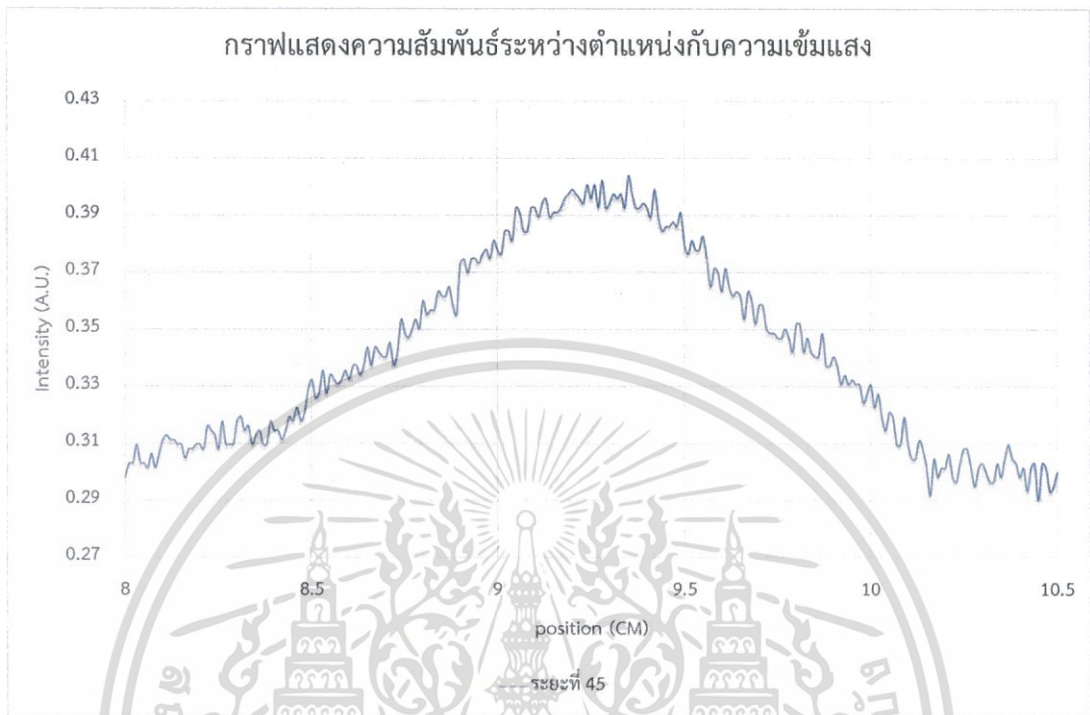
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.11 สลิตเดี่ยว ระยะที่ 45 ซม. ทำการทดลองทั้งหมด 6 ครั้ง



รูปที่ 4.13 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 45 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.12 กราฟเฉลี่ยสไลต์เดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 45 cmรูปที่ 4.14 กราฟเฉลี่ยสไลต์เดี่ยวความกว้าง 50 μm ระยะที่ 45 cm

การคำนวณ

จากสมการ $d \sin \theta = n \lambda$ เมื่อ $\tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$

แทนค่าลงในสมการ $d \sin \theta = n \lambda$ จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left(\frac{0.88 \times 10^{-2}}{45 \times 10^{-2}} \right) = 2 \lambda$$

☞ จะได้ความยาวคลื่นมีค่า 538.8 nm

$$\text{☞ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (\%)} = \frac{532 - 538.8}{532} \times 100\%$$

$$= 1.27 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.3 ค่าการคำนวณหาความยาวคลื่นแต่ละระยะจากสลิตเดี่ยวกว้าง 50 μm

ระยะทาง (cm)	เฉลี่ย
25	536.5
35	533.3
45	535.1

ตารางที่ 4.2.4 % ความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละระยะ จากสลิตเดี่ยวกว้าง 50 μm

ระยะทาง (cm)	% ความคลาดเคลื่อน
25	0.84 %
35	0.24 %
45	0.58 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการทดลองจากการวัดสลิตเดี่ยว โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการศึกษาการแทรกสอดของแสง พบว่าเมื่อนำแผ่นสลิตมาวัดที่ระยะห่างจากฉากระยะต่างๆกันจะได้ค่าความยาวคลื่นมากขึ้นตามลำดับและทำให้ทราบข้อจำกัดของเครื่องมือว่าควรใช้ระยะที่เท่าใดจึงเหมาะสม ซึ่งกลุ่มผู้ทดลองได้ทำการเลื่อนระยะแผ่นสลิตที่ใช้แสงเลเซอร์สีแดงไปยังฉากเป็นโดยแบ่งเป็น 45 cm, 55 cm, 65 cm เป็น 3 ระยะด้วยกัน ทั้งนี้ได้ทำการทดลองทั้งสลิตเดี่ยวที่ความกว้าง 50 μm โดยทำทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อหาความแตกต่างในแต่ละตัวผลที่ออกมาลักษณะกราฟที่วัดได้มีความถี่สัญญาณรบกวนจึงทำให้กราฟออกมา มีความคลาดเคลื่อนไป บ้างเล็กน้อย ระยะที่ 45 cm มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.36 %, ระยะ 55 cm มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.15 %, ระยะที่ 65 cm มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.53% และในการใช้เลเซอร์แสงสีเขียว ระยะระหว่างสลิตกับฉากรับแบ่งเป็น 25 cm, 35 cm, 45 cm ตามลำดับโดยในความกว้างของสลิตที่ 50 μm ระยะที่ 25 cm มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.84 %, ระยะ 35 cm มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.24 %, ระยะที่ 45 cm มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.58 % และ จะแสดงให้เห็นค่าเปรียบเทียบดังตารางที่แสดงดังนี้

ตารางที่ 5.1 ผลเฉลี่ยค่าความยาวคลื่น สลิตเดี่ยว/คู่

สลิต	ระยะ 45 cm	ระยะ 55 cm	ระยะ 65 cm	เฉลี่ย
เดี่ยว 50 μm (แสงสีแดง)	633.3 nm	631.8 nm	634.6 nm	633.2 nm
สลิต	ระยะ 25 cm	ระยะ 35 cm	ระยะ 45 cm	เฉลี่ย
เดี่ยว 50 μm (แสงสีเขียว)	536.5 nm	533.3 nm	535.1 nm	533.7 nm

ตารางที่ 5.2 %ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าความยาวคลื่น

สลิต	% ค่าความคลาดเคลื่อน
เดี่ยว 50 um (แสงสีแดง)	0.06 %
เดี่ยว 50 um (แสงสีเขียว)	0.31 %

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องมือ

ค่า	รายละเอียด
Accuracy	99.94 % (แสงสีแดง), 99.69% (แสงสีเขียว)
Hysteresis	0.0047 cm
Reponse Time	10 ns – 250 ns
Resolution	0.01 cm

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เพิ่มระยะแกน X เพื่อให้สามารถรับค่าจากเกรตติง ที่มีความกว้างมากๆได้

5.2.2 การคำนวณมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก Photodiode ไม่สามารถแยกแอมป์มีด แอมป์สว่างที่อยู่ติดกันมากได้และมีสัญญาณรบกวนมาก

5.2.3 เพื่อให้การนับค่าจากแผ่นสลิตให้ดีขึ้นหรือรับได้ละเอียดขึ้นต้องใช้ Photodiode ที่สามารถแยกแอมป์มีดแอมป์สว่างที่อยู่ติดกันมากได้เพื่อให้การวัดที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดสัญญาณรบกวนลักษณะกราฟจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งง่ายต่อการคำนวณ

5.2.4 ถ้าแสงที่มีความยาวคลื่นน้อยควรจะใช้ปรับระยะสลิตให้เข้าใกล้เลนเซอร์มากขึ้น

บรรณานุกรม

รศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล. การเขียนแอฟพลีเคชันด้วย Visual Basic 2010 ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ :

รีไวว่า, 2558. 416 หน้า.

David Halliday, Robert Resnick and Jearl Walker. 2005. Fundamentals of Physics.

Hoboken : Jhon Wilry.

Chris Vuille, Raymond A. Serway and Jerry S. Faughn. 2009. College Physics. Australia :

Brooks/Cole Cengage Learning.

Hyperphysics. 2013. Slit interference. [Online]. Available :

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/multislide.html#c2>

Wikipedia. 2015. Stepper motor. [Online]. Available :

http://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง

DIFFRACTION PATTERN USING COMPUTER SYSTEM

วัตถุประสงค์

เพื่อเข้าใจทฤษฎีการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง

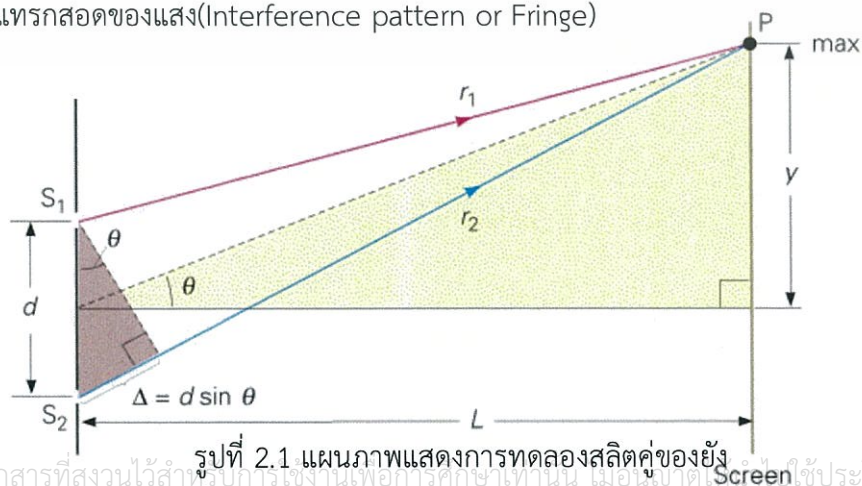
อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 ชุด
2. กล่องควบคุมคอนโทรลเลอร์
3. สาย USB 2 เส้น
4. แผ่นสลิตเดี่ยวและสลิตคู่อย่างละ 1 แผ่น
5. เลเซอร์สีแดง 1 ตัว
6. เลเซอร์สีเขียว 1 ตัว
6. แทนว่างสลิตเดี่ยวและสลิตคู่
7. ชุดรางเลื่อน ประกอบด้วย
 - รางเลื่อน ยาว 22 เซนติเมตร
 - Photodetector 1 ตัว
 - สเตปมอเตอร์ 1 ตัว

ทฤษฎี

การแทรกสอดของแสง (Interference)

การแทรกสอดของแสง คือ ปรากฏการณ์ที่คลื่นแสงสองขบวนเดินทางมาพบกันและเกิดการรวมกันของคลื่นทั้งสองนั้น ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของแอมพลิจูดของคลื่นเกิดเป็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉากรับภาพ โดยถ้าเกิดการเพิ่มขึ้นของแอมพลิจูดของคลื่นจะเรียกว่า “การแทรกสอดแบบเสริมสร้าง (Constructive interference)” หากเกิดการลดลงของแอมพลิจูดของคลื่นจะเรียกว่า “การแทรกสอดแบบหักล้าง (Destructive interference)” โดยจะสามารถสังเกตได้จากริ้วรอยการแทรกสอดของแสง (Interference pattern or Fringe)



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงการทดลองสลิตคู่ของยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาที่จุดP ซึ่งเป็นจุดใดๆบนฉากรับภาพห่างจากสลิตคู่เป็นระยะL คลื่นจากจุด S1 และ S2 ที่เดินทางมาถึงจุดP จะมีความต่างเฟสจากระยะทางที่คลื่นเดินทาง(Path difference) ถ้า

$$S_2P - S_1P = m\lambda \quad : m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (2.1)$$

แสดงว่าคลื่นที่มาจากสลิตS1 และS2 จะเดินทางไปถึงจุดP โดยมีเฟสตรงกันและเกิดการแทรกสอดแบบเสริมสร้าง เกิดเป็นแถบสว่างชั้นบนฉาก แต่ถ้า

$$S_2P - S_1P = (m + \frac{1}{2})\lambda \quad : m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2.2)$$

แสดงว่าคลื่นที่มาจากสลิต S1 และS2 จะเดินทางไปถึงจุดP โดยมีเฟสตรงข้ามกันและเกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง เกิดเป็นแถบมืดชั้นบนฉาก

เนื่องจากสลิตทั้งสองอยู่ใกล้กันมาก ทำให้สามารถถือได้ว่าระยะห่างของสลิตเมื่อเทียบกับระยะทางจากสลิตถึงฉากมีค่าน้อยมาก เราจะสามารถทำการประมาณค่าโดยอาศัยเงื่อนไขได้เป็นสองกรณี คือ

กรณีที่หนึ่ง ถ้าQ เป็นจุดบนS2P โดยที่PQ มีค่าเท่ากับ S1P ดังนั้นความแตกต่างของระยะทางที่คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ไปถึงP หรือ

$$S_2P - S_1P = S_2Q = \Delta \quad (2.3)$$

ถ้า S1Q เป็นส่วนโค้งของวงกลมที่มีP เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับS1P หรือเท่ากับPQ ถ้าเราประมาณว่าS1Q เป็นเส้นตรงและเป็นฐานของสามเหลี่ยมมุมฉากS1S2Q โดยที่S1Q ทำมุม θ กับS1S2 จะได้ว่า

$$\Delta = a \sin \theta \quad (2.4)$$

เมื่อ a เป็นระยะห่างระหว่างS1 กับS2

กรณีที่สอง ถ้าพิจารณาOX เป็นเส้นที่ลากจากจุดกึ่งกลางของS1S2 ไปตั้งฉากกับฉากรับภาพ จะได้ว่า OX ตั้งฉากกับS1S2 และOP ตั้งฉากกับSQ โดยประมาณ ถ้าเปรียบเทียบสามเหลี่ยมมุมฉาก S1QP กับOX P จะได้ว่า มุมระหว่างOX กับOP จะมีค่าเป็น θ ด้วย โดยจะสรุปได้ว่า

จะเกิดการแทรกสอดแบบเสริมสร้างกันที่จุดP เมื่อ

$$S_2P - S_1P = \Delta = m\lambda \cong a \sin \theta \quad (2.5)$$

จะเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกันที่จุดP เมื่อ

$$\Delta = (m + \frac{1}{2}) \lambda \cong a \sin \theta \quad (2.6)$$

สรุปได้ว่า ที่ตำแหน่งP ซึ่งเป็นแถบสว่างอันดับที่m จะมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

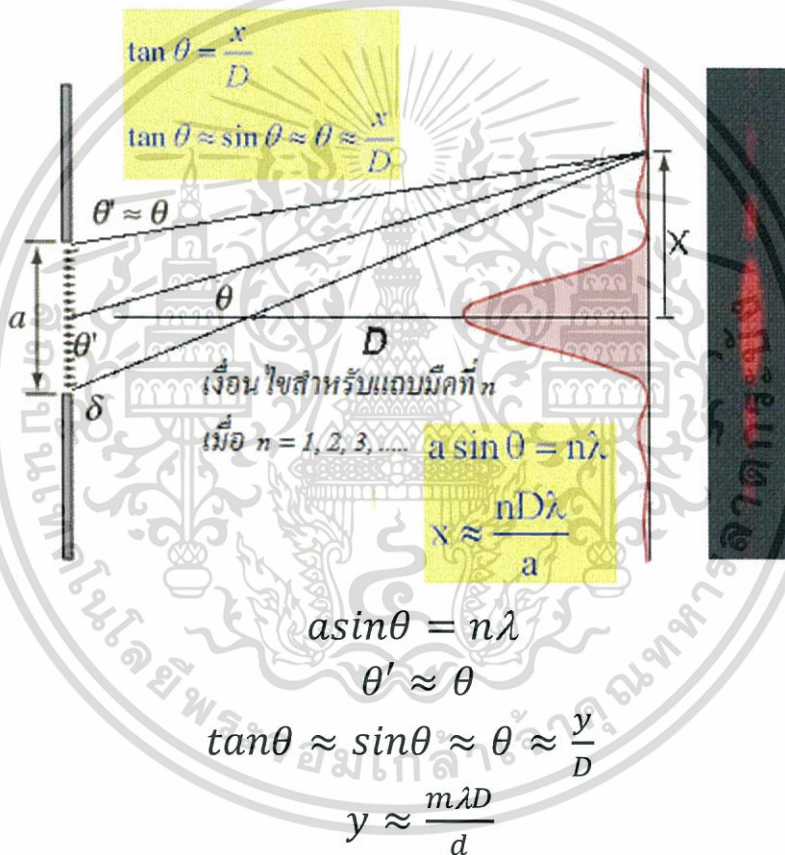
$$ym = \frac{m\lambda s}{a} \quad : m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2.7)$$

และแถบสว่างสองแถบที่อยู่ติดกันจะห่างกันเป็นระยะเท่ากับ

$$\Delta y = \frac{\lambda s}{a} \quad (2.8)$$

การคำนวณหาความยาวคลื่นตามสมการ ดังนี้

สำหรับสลิตเดี่ยว



เมื่อ D คือ ระยะความกว้างของสลิตที่ใช้ทำการทดลอง

N คือ จุดมืด มีค่าเป็น $0, 1, 2, 3, \dots$

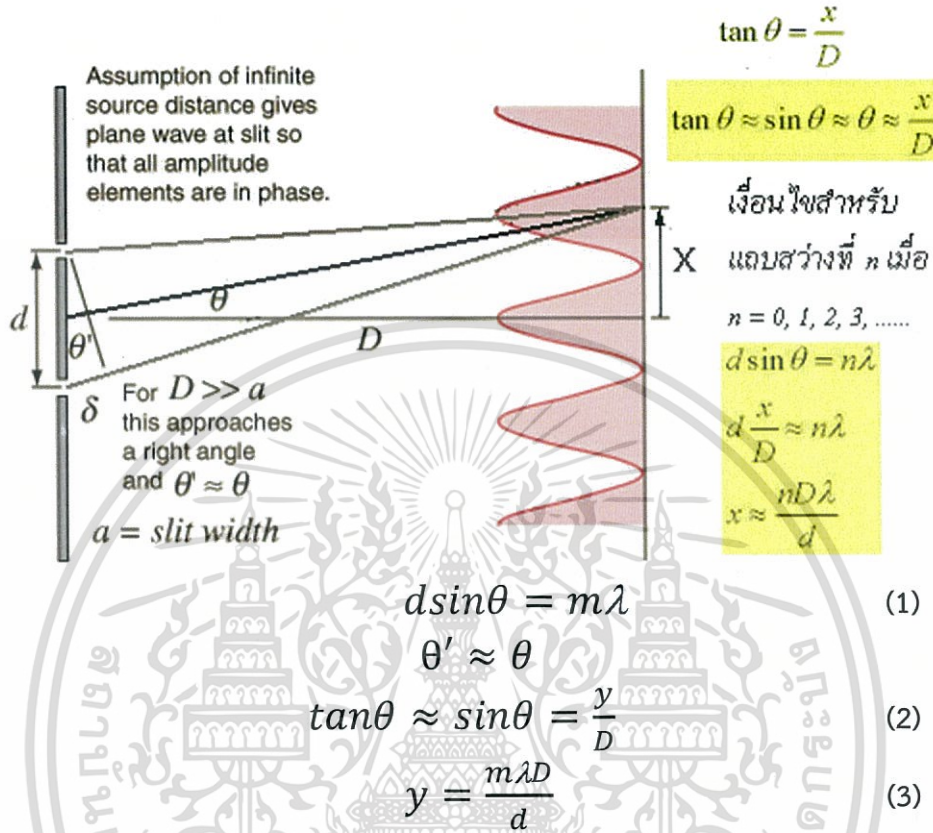
y คือ ระยะจากแถบมืดถึงแถบสว่าง

D คือ ระยะห่างจากแผ่นสลิตถึงฉากรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาความยาวคลื่นตามสมการ ดังนี้

สำหรับสลิตคู่



เมื่อ D คือ ระยะความกว้างของสลิตที่ใช้ทำการทดลอง

N คือ จุดมืด มีค่าเป็น $0, 1, 2, 3, \dots$

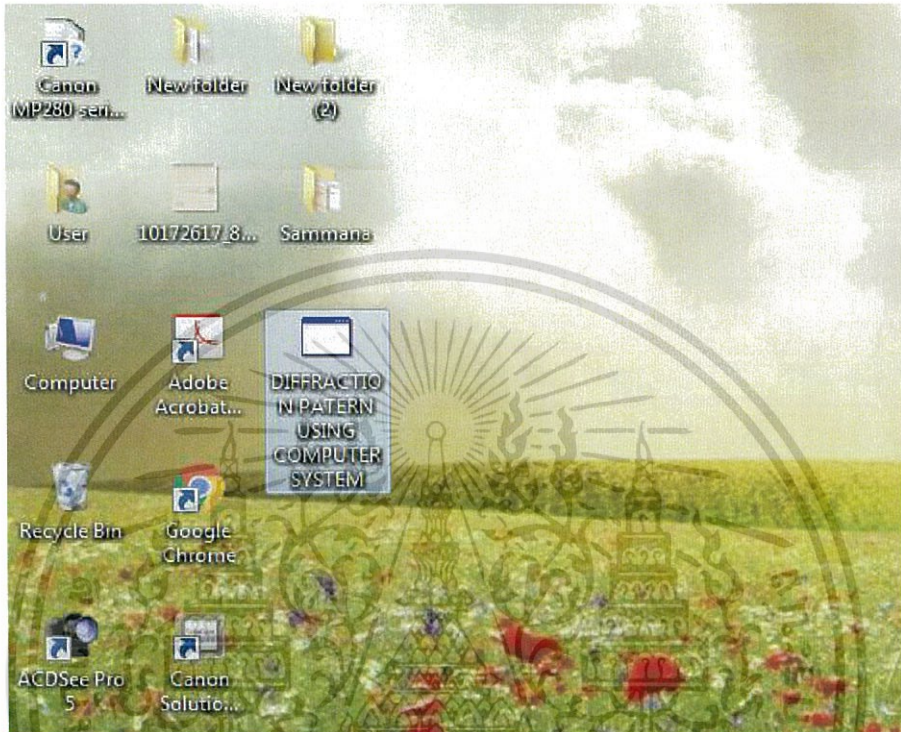
y คือ ระยะจากแถบมืดถึงแถบสว่าง

D คือ ระยะห่างจากแผ่นสลิตถึงฉากรับ

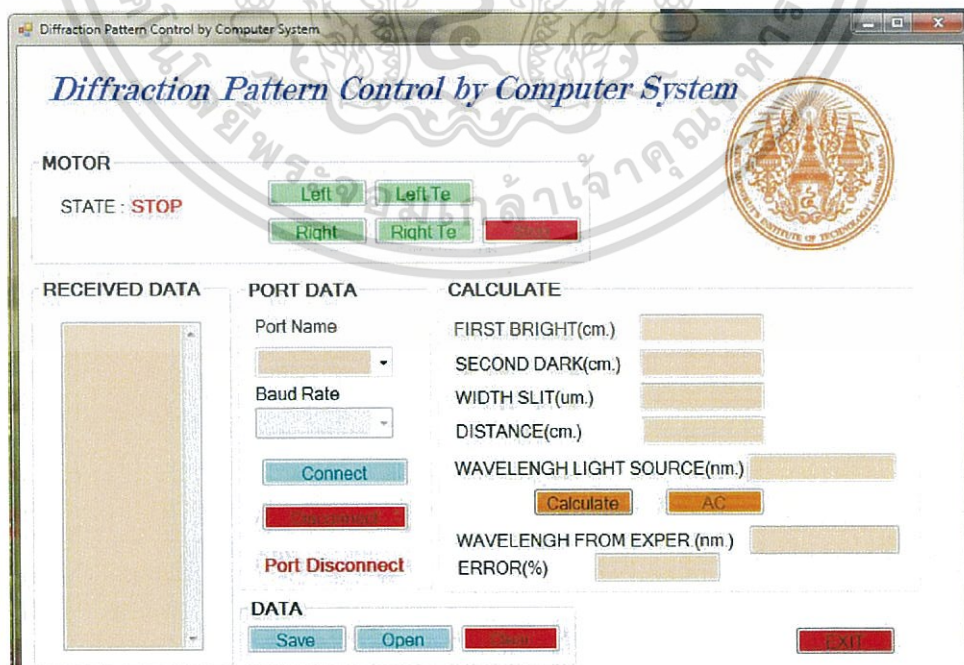
วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองและใช้โปรแกรมเครื่องมือวัด แบ่งตามขั้นตอนดังนี้

1.ดับเบิลคลิกที่ไอคอนชื่อ DIFFRACTION PATERN USING COMPUTER SYSTEM



2.โปรแกรมจะแสดงหน้า User Interface

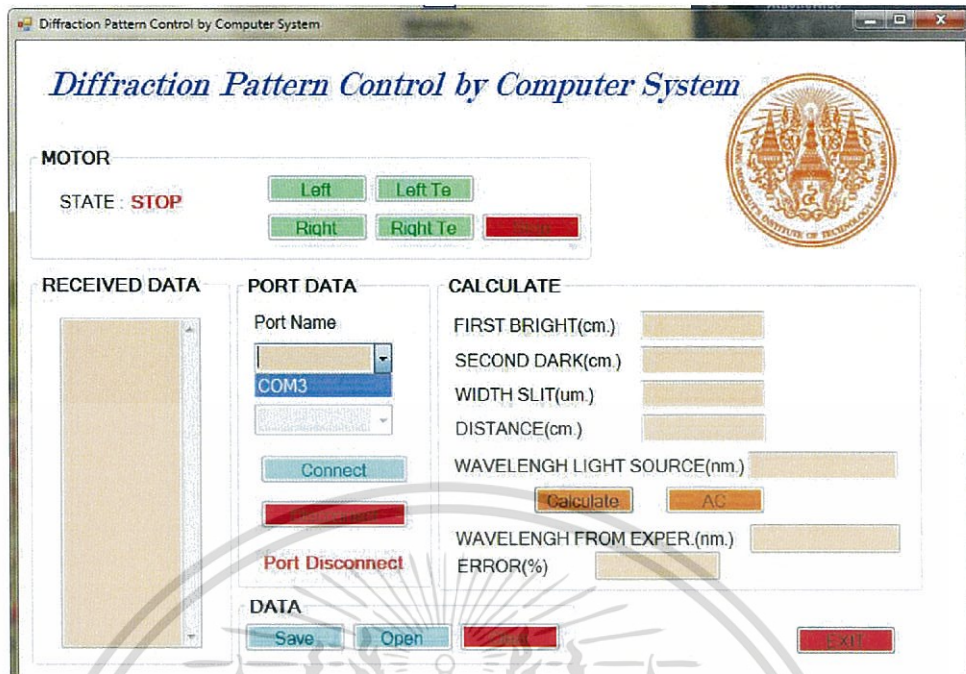


3.ทำการเชื่อมต่อสาย USB ที่คอมพิวเตอร์กับกล่องควบคุมคอนโทรลเลอร์

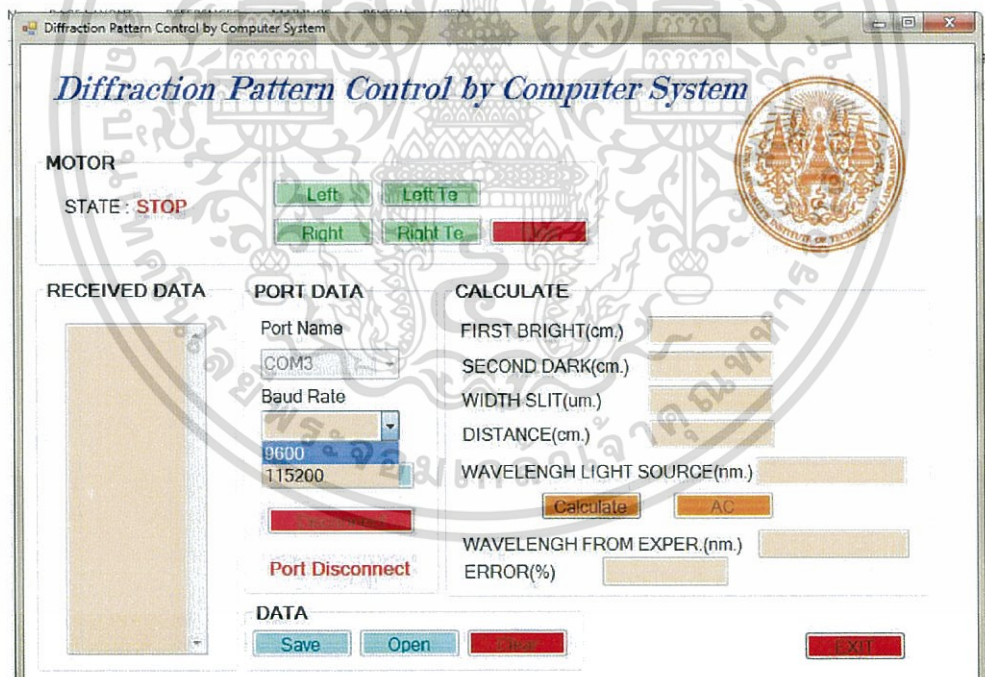
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

4.คลิกเลือก Port Name เป็น COM3

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5.คลิกเลือก Baud Rate ค่า 9600

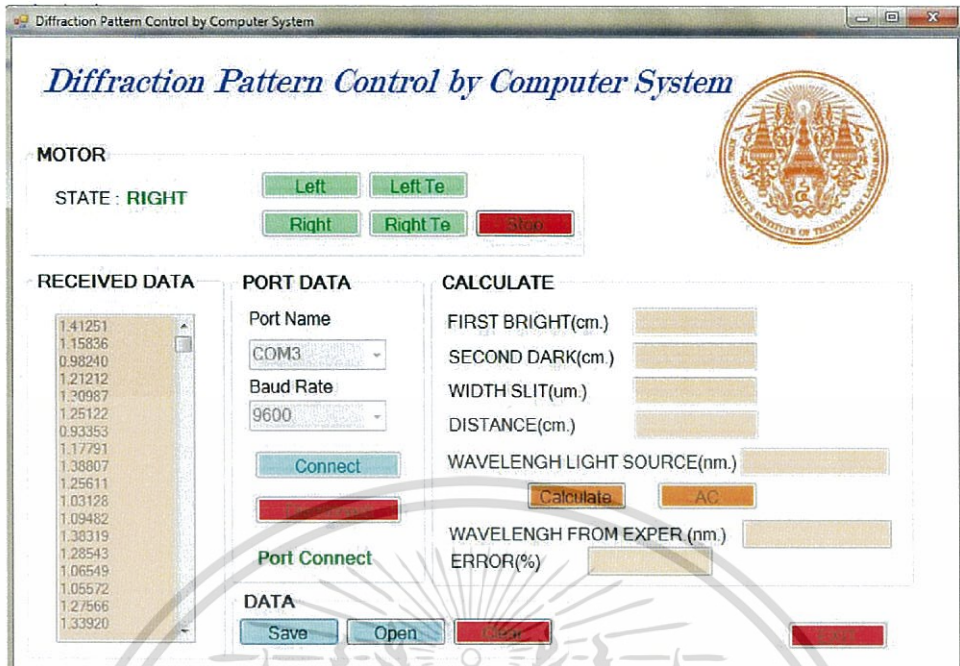


6.คลิก Connect เพื่อทำการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับพอร์ตกล่องควบคุม

7.จากนั้นเริ่มทำการทดลองโดยการกด Right เพื่อเก็บค่าผลการทดลอง ค่าของการทดลองจะแสดงค่าใน Received Data

8.ให้ทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยแล้วพล็อตกราฟ เพื่อลดสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



9.

Save เพื่อเก็บไว้ใน Notepad

กด

10.เปิด Notepad ที่ทำการบันทึกค่าไว้แล้วนำค่ามาพล็อตกราฟใน Excel โดยที่แกน X จะมีค่าตั้งแต่ 8-15 ซม (8,8.01, 8.02, 8.03.....15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางการทดลอง

สลิตเดี่ยวที่ความกว้าง $50 \mu\text{m}$ (แสงสีแดง)

ระยะ (cm)	เฉลี่ย
45	
55	
65	

สลิตเดี่ยวที่ความกว้าง $50 \mu\text{m}$ (แสงสีเขียว)

ระยะ (cm)	เฉลี่ย
25	
35	
45	

ผลการทดลอง

ความกว้าง (μm)	ระยะ 45 ซม	ระยะ 55 ซม	ระยะ 65 ซม	เฉลี่ย
50				
ความกว้าง (μm)	ระยะ 25 ซม	ระยะ 35 ซม	ระยะ 45 ซม	เฉลี่ย
50				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนโปรแกรม

❖ โค้ดส่วนการควบคุม User Interface(UI)

```
Imports System
Imports System.Threading
Imports System.IO.Ports
Imports System.ComponentModel

Public Class Form1
    Dim myPort As Array
    Delegate Sub SetTextCallBack(ByVal [text] As String)

    Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load
        myPort = IO.Ports.SerialPort.GetPortNames()
        ComboBox1.Items.AddRange(myPort)

        SerialPort2.PortName = "COM3" 'เลือก Port ที่จะส่งข้อมูล
        SerialPort2.BaudRate = 9600 'กำหนดอัตราการส่งข้อมูล

    End Sub
    Private Sub SerialPort1_DataReceived(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) Handles
SerialPort1.DataReceived
        ReceivedText(SerialPort1.ReadExisting())

    End Sub
    Private Sub ReceivedText(ByVal [text] As String)
        If Me.outputTextBox.InvokeRequired Then
            Dim x As New SetTextCallBack(AddressOf ReceivedText)
            Me.Invoke(x, New Object() {(text)})
        Else
            Me.outputTextBox.Text &= [text]
        End If
    End Sub

    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click
        SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text
        SerialPort1.BaudRate = ComboBox2.Text
        SerialPort1.Open()
        Button1.Enabled = False
        Button3.Enabled = True

        SerialPort2.Open() ' เปิด Port เพื่อส่งข้อมูล
        SerialPort2.Write(2) ' ส่งค่า 1 ออกจาก Port เป็น Char
        SerialPort2.Close() ' ปิด Port เมื่อส่งข้อมูลเสร็จ
        Label12.Text = "LEFT"

    End Sub

    Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button2.Click
        SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text
        SerialPort1.BaudRate = ComboBox2.Text
        SerialPort1.Open()
        Button2.Enabled = False
        Button3.Enabled = True

        SerialPort2.Open() ' เปิด Port เพื่อส่งข้อมูล
```

```

SerialPort2.Write(1) ' ส่งค่า 1 ออกจาก Port เป็น Char
SerialPort2.Close() ' ปิด Port เมื่อส่งข้อมูลเสร็จ
Label2.Text = "RIGHT"

```

```
End Sub
```

```

Private Sub Button3_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button3.Click
    SerialPort1.Close()
    Button1.Enabled = True
    Button2.Enabled = True
    Button3.Enabled = False

```

```

SerialPort2.Open() ' เปิด Port เพื่อส่งข้อมูล
SerialPort2.Write(0) ' ส่งค่า 1 ออกจาก Port เป็น Char
SerialPort2.Close() ' ปิด Port เมื่อส่งข้อมูลเสร็จ
Label2.Text = "STOP"

```

```
End Sub
```

```

Private Sub Button6_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button6.Click
    Close()
End Sub

```

```

Private Sub Button7_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button7.Click
    outputTextBox.Text = ""
End Sub

```

```

Private Sub Button4_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button4.Click
    SaveFileDialog1.ShowDialog()
End Sub

```

```

Private Sub Button5_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button5.Click
    OpenFileDialog1.ShowDialog()
End Sub

```

```

Private Sub SaveFileDialog1_FileOk(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.ComponentModel.CancelEventArgs) Handles SaveFileDialog1.FileOk
    Dim writer As New IO.StreamWriter(SaveFileDialog1.FileName) 'create the
writer'
    writer.Write(outputTextBox.Text) 'This will write it'
    writer.Close() 'Close it'
End Sub

```

```

Private Sub OpenFileDialog1_FileOk(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.ComponentModel.CancelEventArgs) Handles OpenFileDialog1.FileOk
    Dim reader As New IO.StreamReader(OpenFileDialog1.FileName) 'create the
reader'
    outputTextBox.Text = reader.ReadToEnd
    reader.Close() 'close the reader
End Sub

```

```

Private Sub Button10_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button10.Click
    SerialPort2.Open() ' เปิด Port เพื่อส่งข้อมูล
    SerialPort2.Write(4) ' ส่งค่า 1 ออกจาก Port เป็น Char
    SerialPort2.Close() ' ปิด Port เมื่อส่งข้อมูลเสร็จ

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Label5.Text = "LEFT"
End Sub

Private Sub Button9_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button9.Click
    SerialPort2.Open() ' เปิด Port เพื่อส่งข้อมูล
    SerialPort2.Write(3) ' ส่งค่า 1 ออกจาก Port เป็น Char
    SerialPort2.Close() ' ปิด Port เมื่อส่งข้อมูลเสร็จ
    Label5.Text = "RIGHT"
End Sub

Private Sub Button8_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button8.Click
    SerialPort2.Open() ' เปิด Port เพื่อส่งข้อมูล
    SerialPort2.Write(0) ' ส่งค่า 1 ออกจาก Port เป็น Char
    SerialPort2.Close() ' ปิด Port เมื่อส่งข้อมูลเสร็จ
    Label5.Text = "STOP"
End Sub
End Class

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

❖ โค้ดส่วนของการเก็บข้อมูล

```

#define inPin0 0

int pinRead0;

float pVolt0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  pinRead0 = analogRead(inPin0);
  pVolt0 = pinRead0 * (5.0 / 1023.0);
  Serial.println(pVolt0,5);
  delay(375);
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

❖ โค้ดส่วนการควบคุมสเตปมอเตอร์

```

char i = '0';

int stepPin = 7;

int dirPin = 6;

int limswitch2 = 9;

int limswitch1 = 8;

int reading1 ;

int reading2 ;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(stepPin,OUTPUT);
  pinMode(dirPin,OUTPUT);
  pinMode(limswitch1,INPUT);
  pinMode(limswitch2,INPUT);
}

void loop()
{
  if (Serial.available(>0){
    i = Serial.read();
    Serial.println(i);
  }

  reading1 = digitalRead(limswitch1);
  reading2 = digitalRead(limswitch2);

  if (reading1 == LOW)
  {
    for(int j = i; j < 2; j = i){

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for(int x = 0; x < 400; x++) {
    digitalWrite(dirPin,LOW);
    digitalWrite(stepPin,HIGH);
    delayMicroseconds(900);
    digitalWrite(stepPin,LOW);
    delayMicroseconds(900);
    i=0;

}}
else if (reading2 == LOW)
{
for(int j = i; j == 2 ; j = i){
    }
for(int x = 0; x < 400; x++) {
    digitalWrite(dirPin,HIGH);
    digitalWrite(stepPin,HIGH);
    delayMicroseconds(900);
    digitalWrite(stepPin,LOW);
    delayMicroseconds(900);
    i=0;

}
}
else
if (i =='1' ) {
    digitalWrite(dirPin,HIGH);
    digitalWrite(stepPin,HIGH);
    delayMicroseconds(1500);
    digitalWrite(stepPin,LOW);
    delayMicroseconds(1500);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (i == '2' ) {
digitalWrite(dirPin,LOW);
digitalWrite(stepPin,HIGH);
delayMicroseconds(1500);
digitalWrite(stepPin,LOW);
delayMicroseconds(1500);
}
if (i == '3' ) {
digitalWrite(dirPin,HIGH);
digitalWrite(stepPin,HIGH);
delayMicroseconds(100);
digitalWrite(stepPin,LOW);
delayMicroseconds(100);
}
if (i == '4' ) {
digitalWrite(dirPin,LOW);
digitalWrite(stepPin,HIGH);
delayMicroseconds(100);
digitalWrite(stepPin,LOW);
delayMicroseconds(100);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 Connection

This section covers the methods of connecting the driver, motor, power supply and controller, as well as the connection examples and I/O signals.

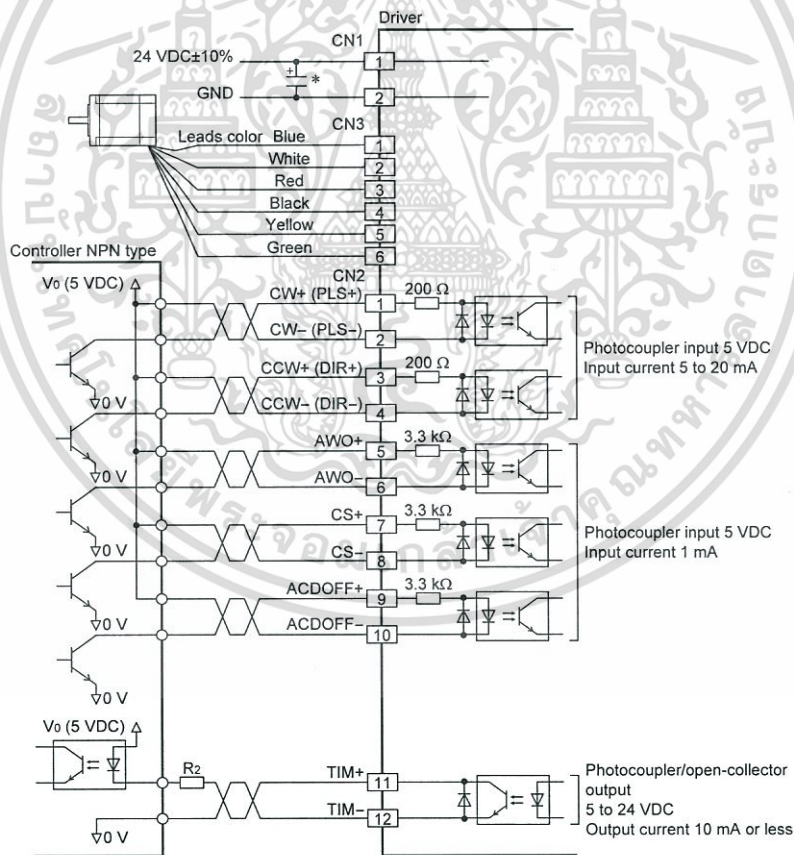
6.1 Connection example

Either 5 or 24 VDC can be used as the signal voltage for the AWO input, CS input and ACDOFF input.

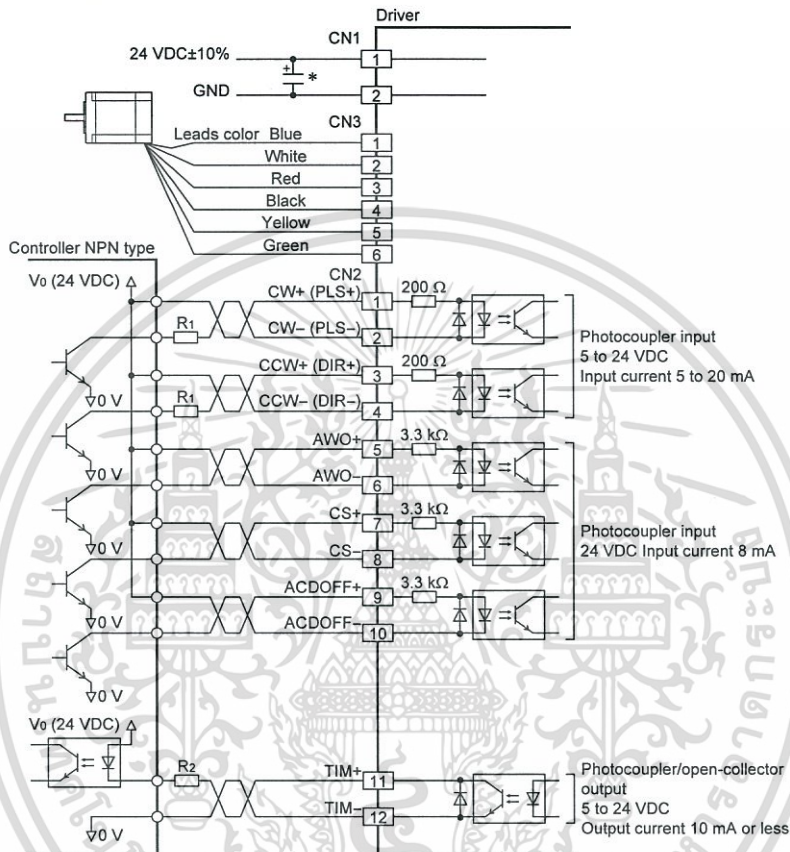
Note Check the colors of motor lead wires and connect them correctly and securely. Wrong connection of lead wires or poor contact may damage the driver.

■ NPN type

- 5 VDC



• 24 VDC

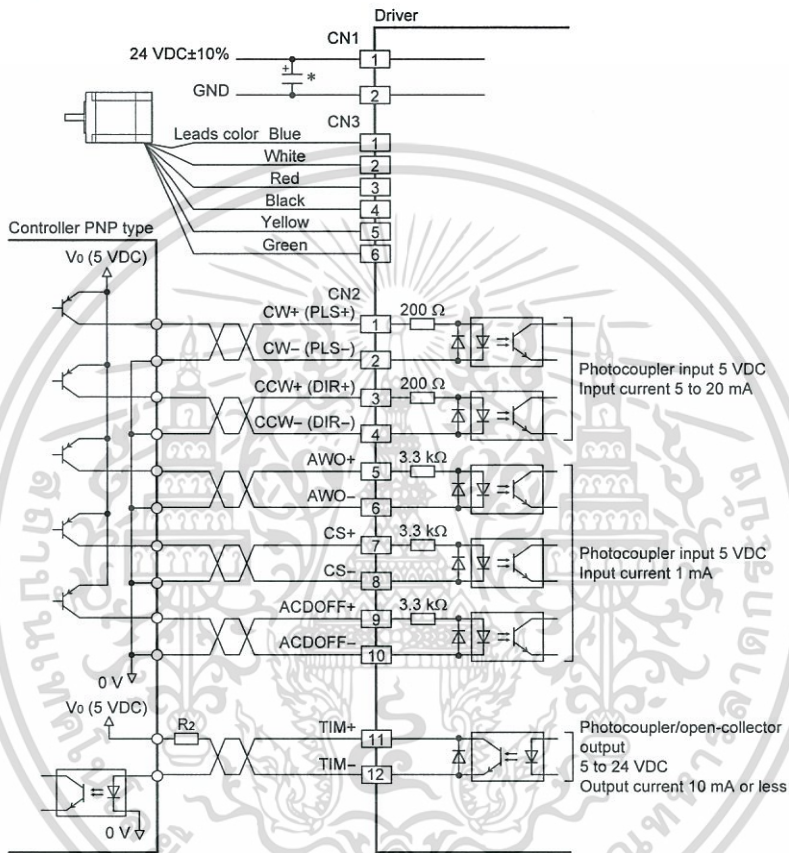
**Note**

- The CW pulse (pulse) and CCW pulse (rotation direction) inputs are of the 5 VDC input specification. If V₀ exceeds 5 V, connect external resistor R₁. Example) When V₀ is 24 VDC R₁: 1.5 to 2.2 kΩ, 0.5 W or more.
- If the output signal current exceeds 10 mA, connect external resistor R₂ to keep the current to 10 mA or below.
- Be certain the I/O signals cable that connects the driver and controller is as short as possible. The maximum input frequency will decrease as the cable length increases.
- When a large inertial load is operated at high speed, regenerative energy will generate and increase the power supply voltage, which can damage the driver. When performing the operation described above, change the operating conditions so that any temporary rise in supply voltage due to regenerative energy will not exceed 8 V, or connect an electrolytic capacitor* (recommended specifications: 50 V or above in rated voltage and 10000 μF or above in capacity) to the power supply line in parallel.

6 Connection

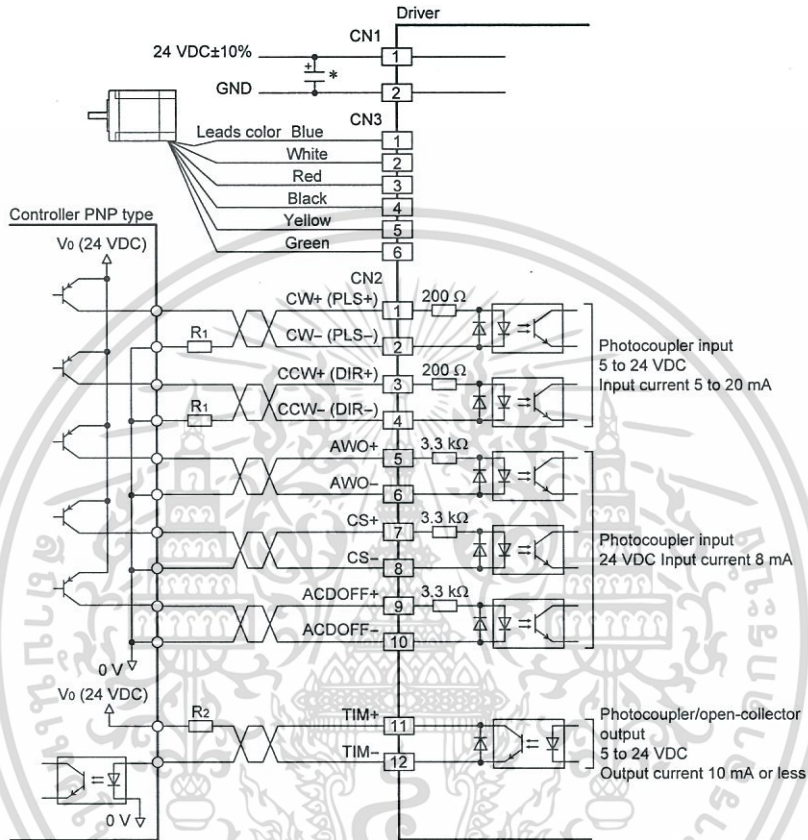
■ PNP type

- 5 VDC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

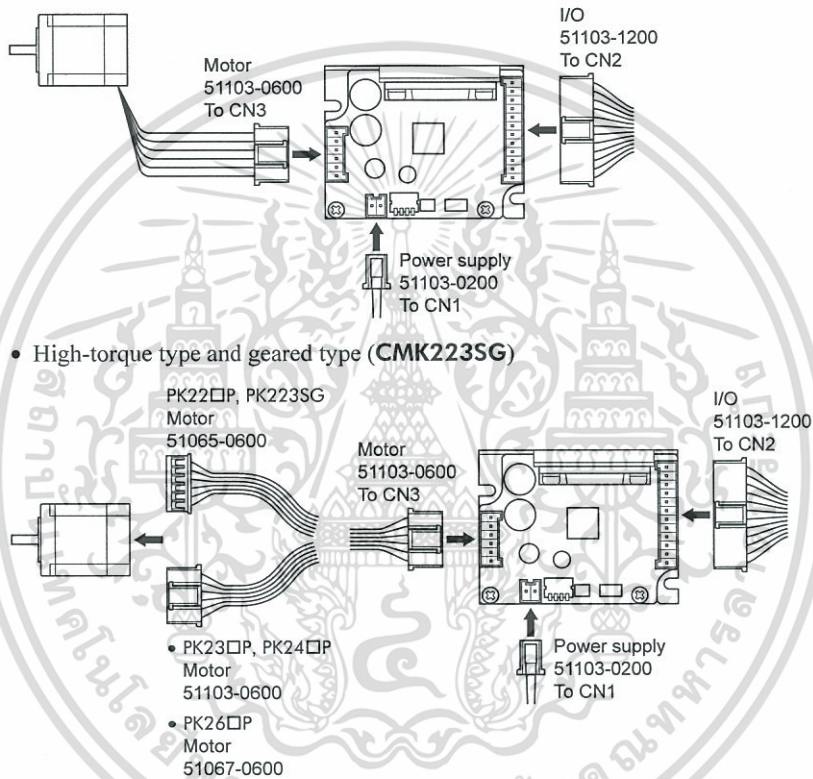
• 24 VDC

**Note**

- The CW pulse (pulse) and CCW pulse (rotation direction) inputs are of the 5 VDC input specification. If V_0 exceeds 5 V, connect external resistor R_1 . Example) When V_0 is 24 VDC R_1 : 1.5 to 2.2 k Ω , 0.5 W or more.
- If the output signal current exceeds 10 mA, connect external resistor R_2 to keep the current to 10 mA or below.
- Be certain the I/O signals cable that connects the driver and controller is as short as possible. The maximum input frequency will decrease as the cable length increases.
- When a large inertial load is operated at high speed, regenerative energy will generate and increase the power supply voltage, which can damage the driver. When performing the operation described above, change the operating conditions so that any temporary rise in supply voltage due to regenerative energy will not exceed 8 V, or connect an electrolytic capacitor* (recommended specifications: 50 V or above in rated voltage and 10000 μ F or above in capacity) to the power line in parallel.

6.2 Connecting the connector and crimping the contacts

Connect the power supply, motor and I/O signals to the driver by using the supplied connector housing and contacts. Optional motor cables and driver cables (sold separately) are also available. See page 45 for details.



Note

- When connecting a motor, affix the cable at the connection part to prevent the connection part from receiving stress due to the flexing of the cable. Make the cable's radius of curvature as large as possible.
- Have the connector plugged in securely. Insecure connection may cause malfunction or damage to the motor or driver.
- When pulling out a connector, pull it out by slightly expanding the latch part of the connectors using a precision screwdriver.
- Always wait at least 5 seconds after switching off the power supply before switching it back on again or connecting/disconnecting the motor cables connector.

■ Connector housings and contacts (supplied)

When crimping contacts for connectors, be sure to use the crimping tool specified by the connector maker.

Application	Connector housing	Contact	Crimping tool
Power supply (CN1)	51103-0200: 2 poles (Molex)	50351-8100 (Molex)	57295-5000 (Molex)
I/O signals (CN2)	51103-1200: 12 poles (Molex)		
Motor (CN3)	51103-0600: 6 poles (Molex)		

Note When connecting a motor, affix the cable at the connection part to prevent the connection part from receiving stress due to the flexing of the cable. Make the cable's radius of curvature as large as possible.

■ Suitable cable

Power supply cable

Use a cable of AWG22 (0.3 mm²).

Keep the wiring distance as short as possible [less than 2 m (6.6 ft.)] to suppress the effect of noise.

I/O signals cable

Use a cable of AWG24 to 22 (0.2 to 0.3 mm²).

Keep the wiring distance as short as possible [less than 2 m (6.6 ft.)] to suppress the effect of noise.

Note

- Separate I/O signals cable at least 100 mm (3.94 in.) from electromagnetic relays and other than inductance loads. Additionally, route I/O signals cable perpendicular to power supply cables and motor cables, rather than in a parallel fashion.
- If the motor cable or power supply cable generates an undesirable amount of noise, shield the cable or install a ferrite core.

6.3 Connecting the power supply

Connecting the power supply to the driver's CN1.
Use a power supply that can supply the following current capacity.

Driver model	CMD2109P	CMD2112P	CMD2120P
Power supply input voltage	24 VDC±10%		
Power supply current capacity	1.5 A or more	1.7 A or more	2.9 A or more

CN1 pin assignments

Pin No.	Signal name	Description
1	POWER+	DC power supply input
2	POWER-	GND

Note

- Pay attention to polarity when connecting the power supply. Connecting the power supply in reverse polarity may damage the driver.
- Do not wire the driver's power supply cable in the same conduit in which another power supply line or the motor cable is wired.

6.4 Connecting the motor

Connecting the motor lead wires to the driver's CN3.
With a high-torque type or geared type (**CMK223SG**), use the supplied motor cable.

CN3 pin assignments

Pin No.	Signal name	Description
1	BLUE	Blue motor lead
2	WHITE	White motor lead
3	RED	Red motor lead
4	BLACK	Black motor lead
5	YELLOW	Yellow motor lead
6	GREEN	Green motor lead

Note

- Check the colors of motor lead wires and connect them correctly and securely. Wrong connection of lead wires or poor contact may damage the driver.

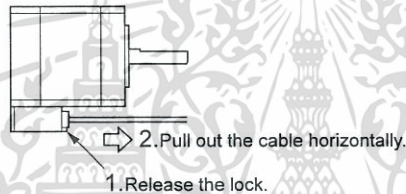
■ Connector type motor

With a high-torque type or geared type (**CMK223SG**), a connector is also used for connection on the motor side. Use the supplied motor cable.

If the supplied motor cable is not used, make connection by aligning the motor pin numbers and driver pin numbers.

Note

- When disconnecting the connector type motor cable, pull the connector horizontally along the output shaft to remove. The motor may be damaged if force is applied in any other direction.
- The motor cables that come with the high-torque type **CMK23□P**, **CMK24□P** and **CMK26□P** have a connector with a lock mechanism. When removing this type of cable, release the connector lock first. Forcibly pulling out the cable without releasing the connector lock may damage the motor and connector.



6.5 Connecting the I/O

Connecting the I/O signals to the driver's CN2.

CN2 pin assignments

Pin No.	Signal name	Description
1	CW+ (PLS+) input	CW pulse (pulse) input *
2	CW- (PLS-) input	
3	CCW+ (DIR+) input	CCW pulse (rotation direction) input *
4	CCW- (DIR-) input	
5	AWO+ input	All windings off input
6	AWO- input	
7	CS+ input	Step angle switching input
8	CS- input	
9	ACDOFF+ input	Auto current down release input
10	ACDOFF- input	
11	TIM+ output	Excitation timing output
12	TIM- output	

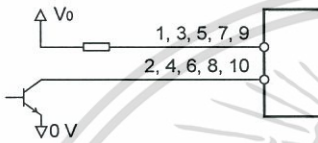
* When 2-pulse input mode, the inputs are CW pulse and CCW pulse.
When 1-pulse input mode, the inputs are the pulse and the rotation direction.

6.6 About input/output

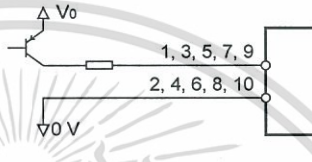
Input signals

The signal state represents the “ON: Carrying current” or “OFF: Not carrying current” state of the internal photocoupler.

- Example of connection with a current sink output circuit



- Example of connection with a current source output circuit



Note

The CW pulse (pulse) input and CCW pulse (rotation direction) input are of the 5 VDC input specification. If V_0 exceeds 5 V, connect an external resistor. Failure to do so may damage the elements.
The AWO input, CS input and ACDOFF input can be connected directly to 5 VDC or 24 VDC.

- CW pulse (PLS) input, CCW pulse (DIR) input

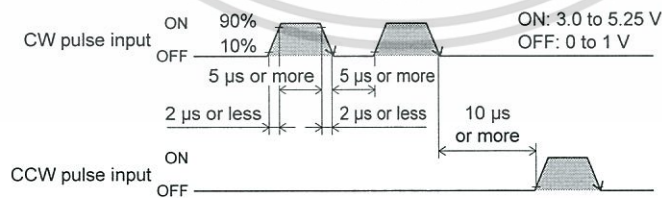
This driver can select either 1-pulse input mode or 2-pulse input mode as the pulse input mode to match the controller used. For details on how to set the pulse input mode, see 7.2 “Pulse input mode” on page 37.

2-pulse input mode

The controller’s CW pulses are connected to the CW+ (pin No.1) or the CW- (pin No.2), while the CCW pulses are connected to the CCW+ (pin No.3) or the CCW- (pin No.4).

- When the CW pulse input changes from the ON to OFF, the motor will rotate one step in the CW direction.
- When the CCW pulse input changes from the ON to OFF, the motor will rotate one step in the CCW direction.

Use an input pulse signal with a waveform having a sharp rise and fall, as shown in the figure:



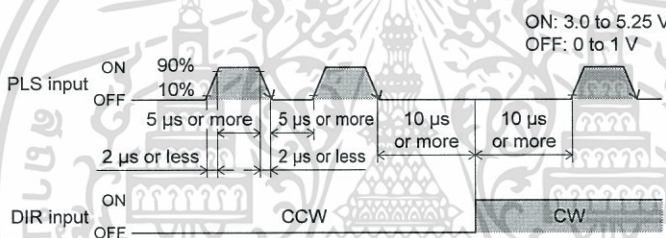
Note

- The interval for switching the motor direction represents the response time of the circuit. Set this interval to an appropriate time after which the motor will respond.
- Always set the photocoupler to OFF when not inputting pulse signals.
- Do not input CW pulse input and CCW pulse input at the same time. If one of these pulses is input when the other is ON the motor will not run properly.

1-pulse input mode

The controller pulses are connected to the PLS+ input (pin No.1) or the PLS- input (pin No.2), and the rotation direction is connected to the DIR+ input (pin No.3) or DIR- input (pin No.4).

- When the DIR input is ON, a fall of the PLS input from ON to OFF will rotate the motor one step in the CW direction.
- When the DIR input is OFF, a fall of the PLS input from ON to OFF will rotate the motor one step in the CCW direction.

**Note**

The interval for switching the motor direction represents the response time of the circuit. Set this interval to an appropriate time after which the motor will respond.

- **AWO (All windings off) input**

Use the signal only when the motor's output shaft must be rotated manually for position adjustment (ON: 4.5 to 26.4 V, OFF: 0 to 1 V.)

- When the AWO input is turned ON, the driver stops supplying current to the motor and the motor's holding torque is lost. You to adjust the load position manually.
- When the AWO input is turned OFF, the current supply to the motor resumes, thereby restoring the motor's holding torque.

- **CS (step angle switching) input**

(ON: 4.5 to 26.4 V, OFF: 0 to 1 V)

- When the CS input is turned ON, the motor will operate at the base step angle regardless of the settings of the step angle setting switches.
- When the CS input is turned OFF, the motor will operate at the step angle set by the step angle setting switches.

- **ACDOFF (Auto current down release) input**

When the ACDOFF input is turned OFF, the motor current will automatically drop to the standstill current in approx. 0.1 second after the stopping of pulse output. This mechanism suppresses heat generation from the motor or driver while the motor is at standstill.

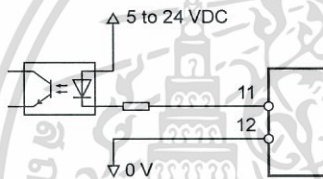
Keep the ACDOFF input OFF in normal conditions of use.

(ON: 4.5 to 26.4 V, OFF: 0 to 1 V)

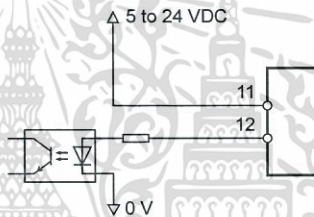
■ Output signals

Driver output signals are photocoupler/open-collector output. The signal state represents the “ON: Carrying current” or “OFF: Not carrying current” state of the internal photocoupler.

- Example of connection with a current source input circuit



- Example of connection with a current sink input circuit



- **TIM (Excitation timing) output**

When the motor excitation state (combined phases of current flowing) is the excitation home position (step 0), the driver switches on the timing output. The motor excitation state is reset to the excitation home position when the power supply is switched on.

When the motor has a base step angle of 1.8°/step, the TIM output turns ON with a rotation of every 7.2° from the excitation home position in synchronization with a pulse input. The TIM output behaves differently depending on the combined motor and number of divisions.

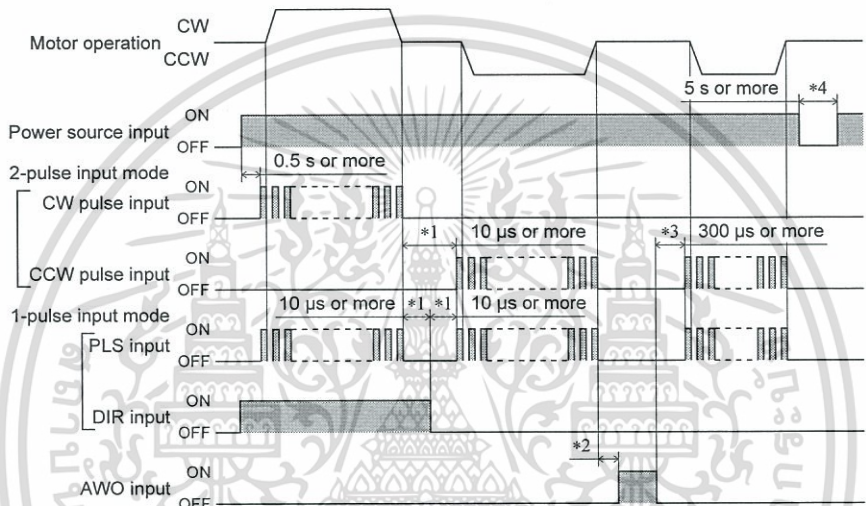
Example of TIM output

Motor type	Number of divisions		TIM output
	1	4	
Motor with 1.8°/step base step angle	1.8°	0.45°	Every 7.2°
Motor with 0.9°/step base step angle	0.9°	0.225°	Every 3.6°
Geared motor with 18 : 1 gear ratio	0.1°	0.025°	Every 0.4°

Also, when detecting the mechanical home position for a mechanical device, by making an AND circuit for the mechanical home position sensor and the TIM output, the variation in the motor stop position within the mechanical home position sensor can be reduced and the mechanical home position made more precise.

- Note**
- When using the TIM output, stop the motor's output shaft at an integer multiple of 7.2° .
 - When switching the step angle, do this with the motor stopped and the TIM output ON.

6.7 Timing chart



The shaded section indicates that the photocoupler diode is emitting light.

- *1 “ $10 \mu\text{s}$ or more” indicated in connection with the CW/CCW pulse select time (2-pulse input mode) or direction signal select time (1-pulse input mode) indicates a circuit response time. Set it to the time required for the motor to respond to the applicable pulse input.
- *2 The specific duration varies depending on the load inertial moment, load torque, starting frequency, etc.
- *3 Do not input pulse signals immediately after switching the AWO input to OFF, given that it will affect the motor's starting characteristics.
- *4 After turning off the power supply, wait at least 5 seconds before turning the power supply back on.

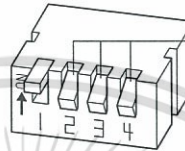
Note The maximum response frequency is 100 kHz at a pulse duty of 50%.

7 Setting

7.1 Step angle

Set the motor step angle using the step angle setting switches (SW-2, SW-3, SW-4).

Factory setting: OFF (Number of divisions 1)



Step angle setting switch (SW-2, SW-3, SW-4)

The three step angle setting switches are used together to set five step angles.

Use an insulated precision screwdriver to change the ON/OFF positions of SW-2, SW-3 and SW-4.

The ON/OFF combinations of SW-2, SW-3 and SW-4 and corresponding step angles are shown below.

When the base step angle is 1.8°/step

SW-2	SW-3	SW-4	Number of divisions	Resolution	Step angle
OFF	OFF	OFF	1	200	1.8°
OFF	OFF	ON	2	400	0.9°
OFF	ON	OFF	4	800	0.45°
OFF	ON	ON	8	1600	0.225°
ON	OFF	OFF	16	3200	0.1125°

The step angle is calculated by dividing the base step angle by the number of divisions.

If the switches are set to any combination other than those listed in the table above, the number of divisions will become 1 and the motor will operate at the base step angle.

Note

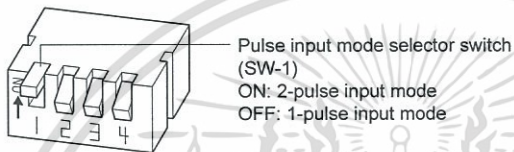
- Step angles are theoretical values.
- With the high-resolution type, the base step angle is set to 0.9° and the resolution to 400 (number of divisions: 1).
- With the geared type, the actual step angle is calculated by dividing the step angle by the gear ratio.
- The step angle set by the step angle setting switches becomes effective when the CS input is OFF.
- Do not switch the CS input or the step angle setting switch while the motor is operating, or the motor may misstep and stall. Set the step angle setting switches when the CS input is OFF and TIM output is ON.

7.2 Pulse input mode

Either the 1-pulse or 2-pulse input mode may be selected in accordance with the controller used.

Use an insulated precision screwdriver to change the ON/OFF position of the pulse input mode setting switch (SW-1).

Note The factory setting of the pulse input mode depends on the destination country. Check the pulse input mode setting in accordance with the pulse mode in the controller used.

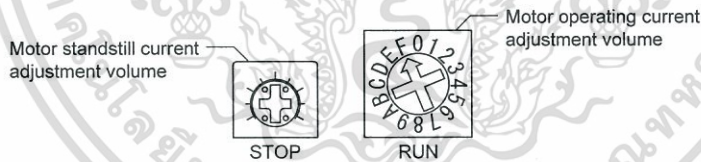


- When the motor is to be controlled through the CW pulse and CCW pulse, set the pulse input mode setting switch to ON.
- When the motor is to be controlled through the pulse and the rotation direction signal, set the pulse input mode setting switch to OFF.

7.3 Motor current

Set the motor current using the motor operating current setting switch (RUN) and motor standstill current potentiometer (STOP).

When the load is light and there is a margin for motor torque, the motor's operating vibration and the temperature increase of the motor and driver can be held down by lowering the motor's operating current and standstill current.



■ Operation current

The motor operating current setting switch (RUN) can be used to set the 16 operating current levels.

Factory setting: F (motor's rated current)

Dial setting	Operating current (A/phase) [Representative values]		
	CMD2109P	CMD2112P	CMD2120P
0	0.12	0.29	0.58
1	0.15	0.36	0.68
2	0.28	0.41	0.77
3	0.33	0.47	0.87
4	0.38	0.54	0.96
5	0.43	0.59	1.05
6	0.49	0.66	1.15
7	0.54	0.72	1.24
8	0.59	0.78	1.35
9	0.64	0.84	1.44
A	0.7	0.9	1.53
B	0.75	0.96	1.62
C	0.8	1.02	1.71
D	0.85	1.08	1.8
E	0.9	1.14	1.9
F	0.95	1.2	2

Note

- The maximum value of the motor's operating current is set as its rated current.
- The actual operating current may vary from the applicable value in the table depending on the motor used.

■ Standstill current

Set the motor standstill current using the motor standstill current potentiometer (STOP).

The motor standstill current is the motor operating current multiplied by current cutback ratio.

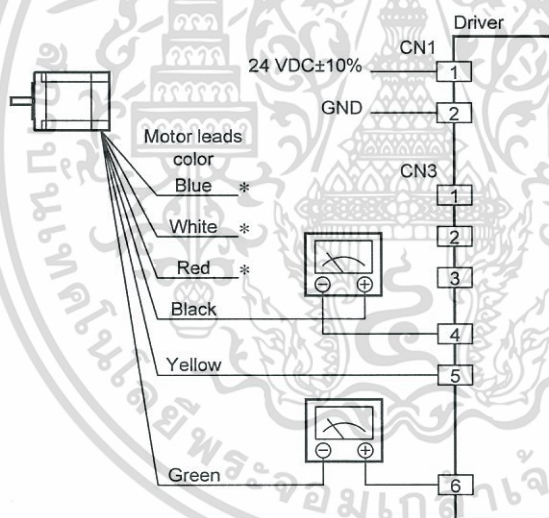
Factory setting: 40% of the rated current

Note

- A range of adjustment of the current at motor standstill is within 40% of motor operating current. When the current at motor standstill is decreased too much, motor starting or maintenance of the location may be hindered. Do not reduce it any more than is necessary.
- When operating the potentiometer, use a precision screwdriver.
- When setting the current at motor standstill, be sure to do so after setting the motor's operating current and turning off the power supply to the driver.

Setting method

Set the motor standstill current using ammeters.



Note

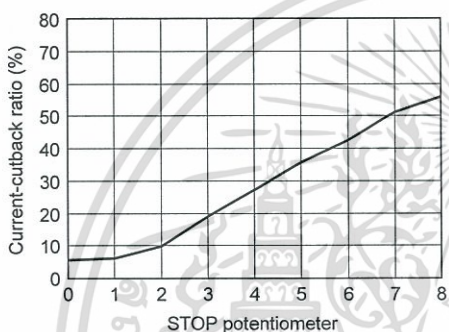
- Check the colors of motor lead wires and connect them correctly and securely. Wrong connection of lead wires or poor contact may damage the driver.
- Damage result if the blue, white and red (*) motor lead wires are touched. Provide an insulation measure to protect against electric shock.

7 Setting

1. Connect a DC ammeter to motor.
2. Turn on the driver's power supply.
3. Use an insulated precision screwdriver to turn the motor standstill current potentiometer (STOP) to adjust the standstill current.
The sum of readings on two ammeters represents the current for one phase.

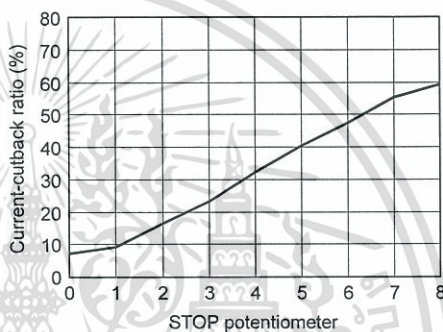
CMD2109P

[Representative values]



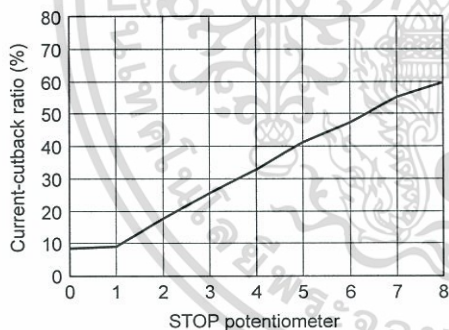
CMD2112P

[Representative values]



CMD2120P

[Representative values]



Example: Use CMD2109P at an operating current of 0.95 A/phase.

When the motor standstill current potentiometer (STOP) is set to "2," the applicable standstill current is calculated as follows:

$$0.95 \text{ A/phase} \times 10\% = \text{Approx. } 0.095 \text{ A/phase}$$

When the potentiometer is set to "7," the applicable standstill current is calculated as follows:

$$0.95 \text{ A/phase} \times 51\% = \text{Approx. } 0.48 \text{ A/phase}$$

4. When the setting is complete, turn off the power supply.
After about 0.1 second has passed since the pulse was stopped, the motor's operating current automatically decreases to the set value of current at motor standstill.

8 Inspection

It is recommended that periodic inspections be conducted for the items listed below after each operation of the motor.

If an abnormal condition is noted, stop the use and contact your nearest office.

Inspection items

- Are the motor installation screws loose?
- Are there any abnormal sounds from the motor's bearing section (ball bearings) or elsewhere?
- Do any of the motor lead wires have damage or stress, or is there any play at the section for connection with the driver?
- Is there any deviation between the centers of the motor's output shaft and load shaft?
- Are the driver installation screws or connector sections loose?
- Is there any dust or dirt on the driver?
- Are there any strange smells or other abnormalities at the driver?

Note

The driver uses semiconductor elements. Handle the driver carefully. There is a danger of the driver being damaged by static electricity, etc.

9 Troubleshooting and remedial actions

During motor operation, the motor or driver may fail to function properly due to an improper speed setting or wiring. When the motor cannot be operated correctly, refer to the contents provided in this section and take appropriate action. If the problem persists, contact your nearest office.

Phenomenon	Possible cause	Remedial action
<ul style="list-style-type: none"> The motor is not energized. The motor's output shaft can be turned easily by hand. 	Connection error in the motor or power supply.	Check that the connections between the driver, motor and power supply are correct.
	Current potentiometer incorrectly set. If the setting is too low, the motor torque will also be too low and operation will be unstable.	Return the current potentiometer to its factory setting and check.
	The AWO input is set to ON.	Switch the AWO input to OFF and confirm that the motor is excited.
The motor does not run.	Pulse input line connection error.	<ul style="list-style-type: none"> Check the controller and driver connections. Check the pulse input specifications (voltage and width).
	The CW input and the CCW input came ON at the same time.	Input either the CW input or the CCW input, and always switch the other terminal to OFF.
The motor rotates in the direction opposite that which is specified.	The CW input and the CCW input are connected in reverse.	Connect the CW pulses to the CW pulse input (pin No.1 and 2), and connect the CCW pulses to the CCW pulse input (pin No.3 and 4).
Motor operation is unstable.	Motor connection error.	Check that the driver and motor connections are correct.
	Current potentiometer incorrectly set. If the setting is too low, the motor torque will also be too low and operation will be unstable.	Return the current potentiometer to its factory setting and check.

9 Troubleshooting and remedial actions

Phenomenon	Possible cause	Remedial action
Loss of synchronization during acceleration or running.	The centers of the motor' output shaft and load shaft are not aligned.	Check the connection condition of the motor output shaft and load shaft.
	The load or load fluctuation is too high.	Check for large load fluctuations during motor operation. If adjusting the motor's operating speed to low and high torque eliminates the problem, it is necessary to review the load conditions.
	The speed of the starting pulse is too high.	Lower the speed of the starting pulse.
	The acceleration (deceleration) time is too short.	Lengthen the acceleration (deceleration) time.
	Electrical noise.	Check running with only the motor, driver and required controller. If the impact of noise is recognized, take countermeasures, such as rewiring for greater distance from the noise source, changing the signal cables to shielded wire, or mounting a ferrite core.
Motor does not move the set amount.	Mistake in switching CS input.	Check the CS input state.
	Wrong step angle settings.	Check the settings of the step angle setting switches.
	Pulse output count is too low or too high.	Check whether or not the number of pulses required for operation at the set step angle are being output.
Current does not drop when the motor stops.	The ACDOFF input is set to ON.	Switch ACDOFF input to OFF.

9 Troubleshooting and remedial actions

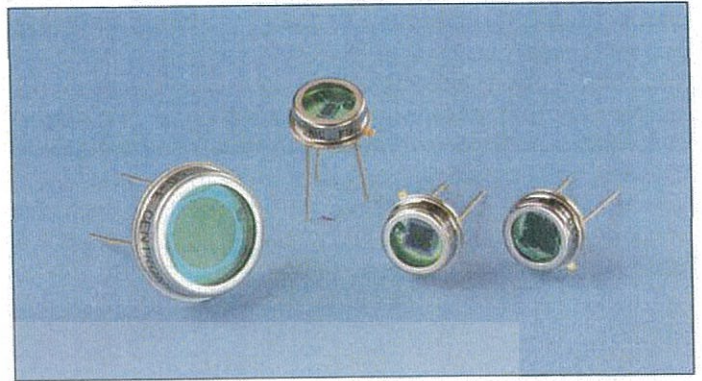
Phenomenon	Possible cause	Remedial action
Motor vibration is too loud.	The centers of the motor's output shaft and load shaft are not aligned.	Check the connection condition of the motor output shaft and load shaft.
	Motor is resonating.	If the vibration decreases when the operating pulse speed is changed, it means the motor is resonating. Change the operating pulse speed setting or install a clean damper (sold separately) to suppress vibration.
	Load is too small.	Turn the motor operating current setting switch slightly in the counterclockwise direction in order to lower the current. Vibration will increase if the motor's output torque is too large for the load.
Motor is too hot.	Long continuous operation time of the motor.	Decrease the operation time of the motor per session or increase the standstill time. Make sure that the motor case temperature will not exceed 100 °C (212 °F).
	The ACDOFF input is set to ON.	Switch ACDOFF input to OFF.
	Motor standstill current adjustment is too high.	Lower the motor standstill current.
TIM output does not work.	CS input switched to ON when TIM output is not being output.	Switch the CS input to ON when TIM output is being output.

Silicon Photodetectors

Series E

EYE RESPONSE DETECTORS

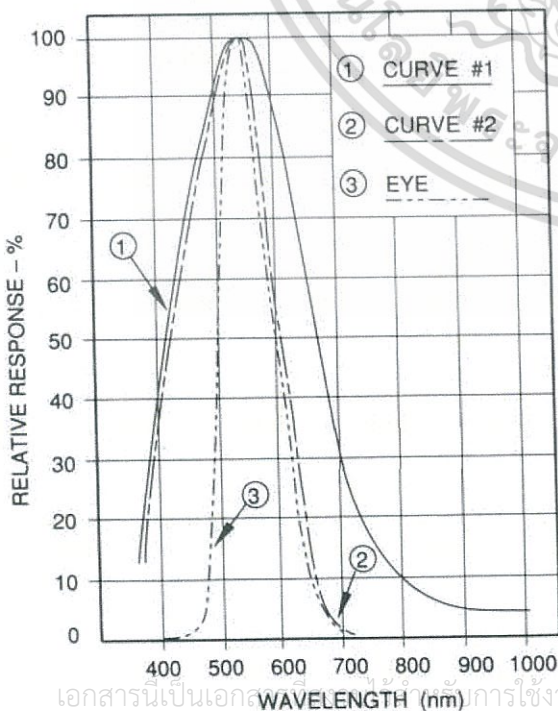
Centronic Series E photodetectors use the successful Series 5T chip together with high quality glass colour correcting filters. The resulting spectral response approximates to that of the human eye making this device ideal for use in general photometric applications.



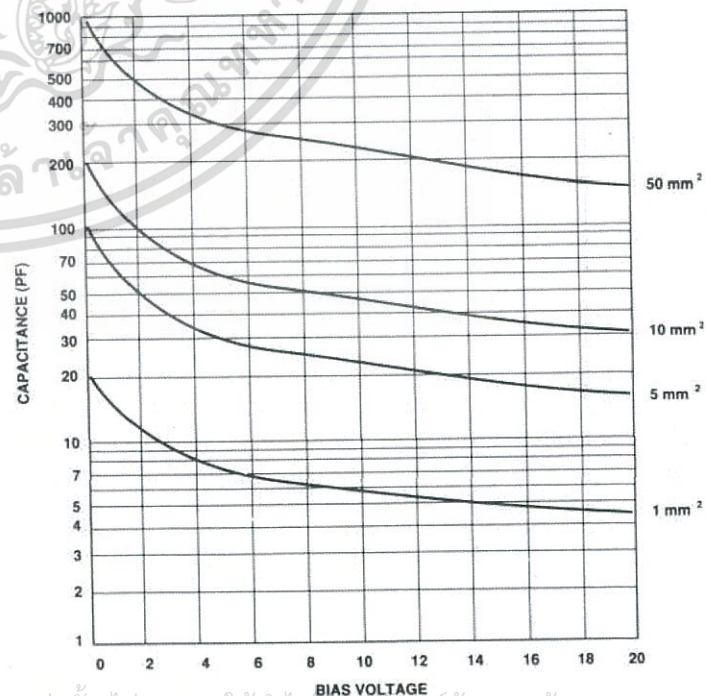
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

	Max. Rating
DC Reverse Voltage	15V
Peak Pulse Current (1 μ s, 1% duty cycle)	200mA
Peak DC Current	10mA
Storage Temperature Range	-25°C to +85°C
Operating Temperature Range	-25°C to +75°C
Soldering Temperature for 5 seconds max.	200°C

Series E - Typical Spectral Response
(for equal energy source)



Series E - Typical Capacitance versus
Bias Voltage for a given Detector area



เอกสารนี้เป็นเอกสารการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่มีกรรมสิทธิ์ | พังต้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Electrical / Optical Specifications

Characteristics measured at 22° C (±2) ambient, and a reverse bias of 12 volts, unless otherwise stated.
Shunt Resistance measured at ±10mV.

Single Elements

Type No.	Active Area		Responsivity nA Lux ⁻¹		Dark Current nA		NEP WHz ^{-1/2} λ = 550 nm	Capacitance pF		Shunt Resistance Megohms		Spectral Curve (Page 22)	Risetime ns λ = 630 nm R _L = 50 Ω Typ.	Package
	mm ²	mm	Min.	Typ.	Max.	Typ.	Typ.	Vr = 0 Max.	Vr = 12V Max.	Min.	Typ.			
OSD1-E	1	1.13 dia	1.5	2	2	0.5	1.5 x 10 ⁻¹⁴	30	6	100	1000	1	7	1
OSD3-E	3	2.16 x 1.4	4	5	5	1	1.8 x 10 ⁻¹⁴	80	20	60	700	1	9	1
OSD5-E	5	2.52 dia	6	7.5	10	2	1.9 x 10 ⁻¹⁴	130	35	40	600	1	9	3
OSD7.5-E	7.5	2.75 x 2.75	8	11	10	2	2.7 x 10 ⁻¹⁴	150	40	30	300	1	10	3
OSD15-E	15	3.8 x 3.8	16	22	10	3	5.2 x 10 ⁻¹⁴	390	80	5	80	1	12	3
OSD50-E	50	7.98 dia	22	30	40	5	9.3 x 10 ⁻¹⁴	1300	270	1.5	25	2	26	9
OSD60-E	62	7.9 x 7.9	26	35	50	9	1.3 x 10 ⁻¹³	1800	310	1	12	2	30	9
OSD100-E	100	11.3 dia	45	60	100	20	1.2 x 10 ⁻¹³	2500	520	1	15	2	45	13

Note: In addition to the Series E listed above, Centronic can provide any other detector in this catalogue with optical filters.
Contact factory directly for more information.

Unit Conversion Table for Illuminance

The Series E photodiodes have been colour corrected to provide a photopic response. They can be used as low cost illuminance monitors for many instrument and industrial applications. The following table provides useful conversion factors for various illuminance units.

lux lx(lm/m ²)	phot ph(lm/cm ²)	foot-candle fc(lm/ft ²)	watt per square centimetre* W/cm ²
1	1.000 x 10 ⁻⁴	9.290 x 10 ⁻²	5.0 x 10 ⁻⁶
1.000 x 10 ⁴	1	9.290 x 10 ²	5.0 x 10 ⁻²
1.076 x 10 ¹	1.076 x 10 ⁻³	1	5.4 x 10 ⁻⁵
2.0 x 10 ⁵	2.0 x 10 ¹	1.9 x 10 ⁴	1

* Total irradiance (measured value) by the CIE standard light source "A".

Highlighted items are Centronic standard products generally available from stock

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เมื่อกรณใด ๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นที่พิมพ์เพิ่มเติมบนเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

