

**สำนักหอสมุดแดง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**เครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตของแว่นตากันแดด**



นางสาว กนกวรรณ กาญจนเสนา  
นางสาว กรรณิการ์ แก้วกันเนตร

๓/๖  
๗/๒๕๖  
๒๗/๖

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน **76647**  
วัน,เดือน,ปี **๒-3 S.ค. 2550**

b. 118.50383  
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา พ.ศ.2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Anti - UV test meter for sunglasses

Miss Kanokwan Kanchanalekha

Miss Kannika Kheawkannet



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor  
of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง

เครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต  
ของแว่นตากันแดด

นักศึกษา

นางสาว กนกวรรณ กาญจนเลข  
นางสาว วรรณิการ์ แก้วกันเนตร

ภาควิชา

ฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชา

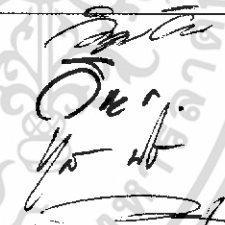
ฟิสิกส์ประยุกต์ – เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.วิษณุ เพชรภา

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง

อนุมัติให้โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ			ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	อ. วิฑูรย์	ยินดีสุข	
กรรมการ	รศ.วิชาญ	เดชิตธีระ	
กรรมการ	อ.ทศิษภรณ์	ทิววงศ์	
กรรมการที่ปรึกษา	รศ.วิษณุ	เพชรภา	

(รองศาสตราจารย์วิชาญ เดชิตธีระ)

หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	เครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต ของแว่นตากันแดด
นักศึกษา	นางสาว กนกวรรณ กาญจนเลขา นางสาว วรรณิการ์ แก้วกันเนตร
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ – เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.วิญญู เพชรภา

บทคัดย่อ

จุดมุ่งหมายของโครงการพิเศษนี้เพื่อทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือทดสอบ การป้องกัน รังสีอัลตราไวโอเล็ตของแว่นตากันแดดในเชิงพาณิชย์ โดยเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงที่อยู่ในย่าน อัลตราไวโอเล็ตซึ่งมีความยาวคลื่น 370 นาโนเมตร และ 410 นาโนเมตร โดยใช้ UV-LED รุ่น HUVL370 และ Blue LED ตามลำดับ ส่วนตัวตรวจวัดสัญญาณเลือกใช้ตัวตรวจวัดที่มีสมบัติในการ รับแสงในย่านอัลตราไวโอเล็ตได้ คือโฟโตดีเทคเตอร์ รุ่น BPW34B จากนั้นทำการทดสอบโดยวัด สัญญาณที่ได้จะอยู่ในรูปของค่าการทะลุผ่าน หลังจากนั้นนำสัญญาณที่ได้มาเทียบกับสัญญาณ อ้างอิง และทำการแสดงค่าที่ได้ในรูปของค่าการทะลุผ่านบนหน้าจอแสดงผล ในการทดสอบจะทำการ สุ่มแว่นตัวอย่างหลายชนิด แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลของเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ซึ่งผลที่ได้นั้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับผลของเครื่อง UV-Vis spectrophotometer นั่นคือผลจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่น 370 นาโนเมตร แว่นตากันแดด สามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ 90-99% และผลจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร แว่นตากันแดดสามารถป้องกันแสงได้เพียง 0-30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Special Project Title** Anti – UV test meter of sunglasses

**Name** Miss Kanokwan Kanchanalekha  
Miss Kannika Kheawkannet

**Department** Applied Physics Faculty of Science

**Program** Applied Physics-Science and Industry Instrumentation

**Academic Year** 2006

**Special Project Advisor** Assoc.Prof. Wisanu Pecharapa

#### Abstract

This main purpose of this special project is to develop an instrument for measuring quality of UV-blocking of commercial sunglasses. Suitable light sources which cover ultraviolet range were chosen at peak wavelength at 370 nm and 410 nm using UV-LED model HUVL370 and Blue LED, respectively. Silicon PIN photodiode model BPW34B with enhanced blue sensitivity was used as UV-photo detector. During test, output signal in term of transmitted intensity is compared to reference signal, direct intensity from light source, and displayed in term of transmittance percentage. Various types of sunglasses were tested and compared to results obtained by UV-Vis spectrophotometer. The results showed good tendency to standard method. It is found that commercial sunglasses have efficient property of UV-blocking by amount of 90-99 % at 370 nm and amount of 0-30% at 410 nm.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการสำเร็จได้อย่างดี ด้วยความอุปการะ คำนะนำ ความช่วยเหลือ และคำปรึกษาที่ดี  
ของบุคคลมากมาย จึงอยากขอขอบคุณที่ได้ให้ความช่วยเหลือมาตลอด

บิดา มารดา และครอบครัว คอยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุก ๆ เรื่อง คอยคอยก้ำ  
ให้เราร่งรีบกับงานที่ได้รับมอบหมาย รวมทั้งปัจจัยในการ  
ดำรงชีวิต

รศ. วิษณุ เพชรภา พร่ำสอนอย่างเหน็ดเหนื่อย อีกทั้งช่วยเหลือและแก้ไขปัญหาที่ถา  
โถม เข้ามาอย่างไม่หยุดยั้ง ให้ผ่านพ้นวิกฤตไปได้ด้วยดี

รศ.ดร. จิตี หนูแก้ว ผู้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องวัดทางแสง

อาจารย์ วิฑูรย์ ยืนดีสุข ผู้ช่วยแก้ปัญหา และแนะนำทางแห่งแสงสว่างที่ถูกต้อง  
เพื่อนรุ่น 22 คอยช่วยเหลือ ในทุกๆด้าน และคอยเป็นกำลังใจให้

นางสาว กนกวรรณ กาญจนเลขา  
นางสาว กรรณิการ์ แก้วกันเนตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic waves)	3
2.2 ธรรมชาติของแสง	5
2.3 การวัดปริมาณทางแสง	6
2.4 สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเลตชนิดต่างๆ	9
2.5 ตา และองค์ประกอบของตา	11
2.6 ผลกระทบของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อสายตาและผิวหนัง	14
2.7 แหล่งกำเนิดแสง (light source )	14
2.8 การกรองความถี่	16
2.9 แผ่นกรองแสง โดยใช้หลักการแทรกสอดของแสง(Interference filters)	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ โครงการพิเศษ	21
3.1 การวัดสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงที่เหมาะสม	21
3.1.1 ระบบวัดและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	21
3.1.2 วิธีการวัดสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง	21
3.2 การวัดค่าการทะลุผ่านของแสงของแว่นตา	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2.1 ระบบวัดและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	23
3.2.2 วิธีการวัดค่าการทะลุผ่านของแสงของแว่นตา	23
3.3 การออกแบบชุดวัดค่าการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต ของแว่นตากันแดด	25
3.3.1 การสร้างชุดแหล่งกำเนิดแสง	25
3.3.2 การสร้างชุดตรวจวัดแสง	26
3.3.3 การสร้างชุดวงจรแสดงผล และแสดงระดับ ของการตรวจวัดแสง	27
3.4 การหาค่าการทะลุผ่านจากชุดทดลอง	27
3.5 ส่วนประกอบและวิธีใช้งานของเครื่องตรวจสอบ การป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น	29
3.5.1 ส่วนประกอบของเครื่องตรวจสอบ การป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น	29
3.5.2 วิธีใช้งานของเครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต ของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	31
4.1 ผลการศึกษาสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงที่เลือกใช้ใน โครรงงานพิเศษ	31
4.1.1 ผลการศึกษาสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง Super white LED	31
4.1.2 ผลการศึกษาสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง Blue LED	33
4.1.3 ผลการศึกษาสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง UV LED	34
4.2 ผลการศึกษาการวัดสเปกตรัมของสมบัติของแผ่นกรองแสง	35
4.2.1 ฟิลเตอร์ ชนิด U – 330	35
4.2.2 ฟิลเตอร์ ชนิด U – 360	36
4.2.3 ฟิลเตอร์ ชนิด U - 400	37
4.3 ผลการศึกษาการทะลุผ่านของตัวอย่างแว่นตากันแดด โดยใช้เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3.1 ตัวอย่างแว่นสายตา	38
4.3.2 ตัวอย่างแว่นตากันแดด	41
4.4 สรุปผลการศึกษาแว่นตาโดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer	46
4.5 เครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต ของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น	47
4.5.1 แหล่งกำเนิดแสง ชนิด Blue LED และชนิด UV LED	47
4.5.2 ตัวตรวจวัดแสงจากชนิด Blue LED และชนิด UV LED	47
4.5.3 วงจรรับค่าและแสดงผลจากตัวตรวจวัดแสงจาก ชนิด Blue LED และ ชนิด UV LED	48
4.5.4 รูปเครื่องมือที่ทำการทดลอง	48
4.6 ผลการทดลองการวัดค่าการทะลุผ่านโดยใช้อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น	49
4.6.1 เมื่อแหล่งกำเนิดแสงเป็นแหล่งกำเนิดแสงแบบ UV LED	49
4.6.2 เมื่อแหล่งกำเนิดแสงเป็นแหล่งกำเนิดแสงแบบ Blue LED	50
4.6.3 การเปรียบเทียบค่าการทะลุผ่านแสงของแว่นตากันแดด โดยใช้เครื่องตรวจสอบ ที่พัฒนาขึ้น กับเครื่อง UV-Vis spectrophotometer โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง ที่มีความยาวคลื่น 370 นาโนเมตร	51
4.6.4 การเปรียบเทียบค่าการทะลุผ่านแสงของแว่นตากันแดด โดยใช้เครื่องตรวจสอบที่พัฒนาขึ้น กับเครื่อง UV-Vis spectrophotometer โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง ที่มีความยาวคลื่น 410 นาโนเมตรผ่านฟิลเตอร์ U -400	52
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	53
5.1 สรุปผลการทดลอง	53
5.2 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
ตารางที่ 2.1 ค่าความเข้มพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในแต่ละความยาวคลื่น	4
ตารางที่ 2.2 ช่วงความยาวคลื่นแสงที่ตามองเห็น	10
บทที่ 4 ผลทดลองและอภิปรายผล	
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองแหล่งกำเนิดแสง UV LED	49
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองแหล่งกำเนิดแสง Blue LED	50
ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าการทะลุผ่านแสง ของแว่นตากันแดดโดยใช้เครื่องตรวจสอบที่พัฒนาขึ้น กับเครื่อง UV-Vis spectrophotometer	51
ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าการทะลุผ่านแสง ของแว่นตากันแดดโดยใช้เครื่องตรวจสอบที่พัฒนาขึ้น กับเครื่อง UV-Vis spectrophotometer	52

## สารบัญรูป

	หน้า
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
รูปที่ 2.1 ช่วงความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	7
รูปที่ 2.2 สเปกตรัมจากดวงอาทิตย์	9
รูปที่ 2.3 สีที่ตามองเห็นแถบสีแต่ละแถบในช่วง Visible Spectrum	10
รูปที่ 2.4 คา และองค์ประกอบของตา	11
รูปที่ 2.5 เซลล์รับแสงของเรตินา	12
รูปที่ 2.6 การกระจายตัวของเซลล์รับแสงบนเรตินา	13
รูปที่ 2.7 กราฟการกรองความถี่ในช่วงต่างๆ	17
รูปที่ 2.8 การสะท้อนและส่งผ่านของแสงของ Interference filter	18
รูปที่ 2.9 ลักษณะภายในของ Interference filter	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ โครงการพิเศษ	
รูปที่ 3.1 ชุดการศึกษาสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง	22
รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมการตรวจสอบสมบัติทางแสง ด้วยเครื่อง โมโนโครมาเตอร์	22
รูปที่ 3.3 ลักษณะของ UV enhanced detector	23
รูปที่ 3.4 เครื่อง UV-VIS spectrophotometer ยี่ห้อ Thermo electron corporation รุ่น HeLios ๐๐	24
รูปที่ 3.5 ภาพการวัดค่าการทะลุผ่านของตัวอย่างแก้วตากันแดด โดยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer	24
รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมการตรวจสอบประสิทธิภาพแก้วตากันแดด ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer	25
รูปที่ 3.7 ชุดแหล่งกำเนิดแสง และตัวตรวจวัดแสง	26
รูปที่ 3.8 ไดอะแกรมการตรวจสอบประสิทธิภาพแก้วตากันแดด จากชุดทดลองวงจรแสดงผล และระดับการตรวจวัดแสง	27

## สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.9 สมบัติของแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจวัดแสงที่เลือกใช้	28
รูปที่ 3.10 เครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต ของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น	28
รูปที่ 3.11 ด้านหน้าเครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต ของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น	29
รูปที่ 3.12 ภายในเครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต ของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น	29
<b>บทที่ 4 ผลทดลองและอภิปรายผล</b>	
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับ ความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสง Super white LED	32
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับ ความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสง Blue LED	33
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นกับ ความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสง UV LED	34
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง(%T) ของฟิลเตอร์ชนิด U – 330	35
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง(%T) ของฟิลเตอร์ชนิด U – 360	36
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง(%T) ของฟิลเตอร์ชนิด U – 400	37
รูปที่ 4.7 ตัวอย่างแว่นสายตาเคลือบสารป้องกันแสงเพื่อลดการสะท้อนแสง	38
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง(%T) ของตัวอย่างแว่นสายตา	38
รูปที่ 4.9 ตัวอย่างแว่นสายตาไม่ได้เคลือบสารป้องกันแสงเพื่อลดการสะท้อนแสง	39

## สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง(%T) ของตัวอย่าง แว่นสายตาไม่ได้เคลือบสารป้องกันแสงเพื่อลดการสะท้อนแสง	39
รูปที่ 4.11 ตัวอย่างที่ 1	40
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง(%T) ของตัวอย่างที่ 1	41
รูปที่ 4.13 ตัวอย่างที่ 2	42
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง(%T) ของตัวอย่างที่ 2	42
รูปที่ 4.15 ตัวอย่างที่ 3	43
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง(%T) ของตัวอย่างที่ 3	43
รูปที่ 4.17 ตัวอย่างที่ 4	44
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง(%T) ของตัวอย่างที่ 4	44
รูปที่ 4.19 ตัวอย่างที่ 5	45
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง(%T) ของตัวอย่างที่ 5	45
รูปที่ 4.21 แหล่งกำเนิดแสงชนิด Blue LED และชนิด UV LED	47
รูปที่ 4.22 ตัวตรวจวัดแสงจาก Blue LED และ UV LED	47
รูปที่ 4.23 วงจรรับค่าและแสดงผลจากตัวตรวจวัดแสงจาก แหล่งกำเนิดแสงชนิด Blue LED และชนิด UV LED	48
รูปที่ 4.24 เครื่องมือที่ทำการทดลอง	48

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันนี้ชั้นบรรยากาศในโลกได้ถูกทำลายลงจากสภาวะแวดล้อมในปัจจุบันโดยผลกระทบจากสารพิษจากเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้แสงแดดที่ส่องมายังโลกมีปริมาณรังสีที่เป็นอันตรายต่อดวงตามนุษย์มากขึ้น โดยเฉพาะรังสีในช่วงอัลตราไวโอเล็ตเนื่องจากชั้นบรรยากาศของโลกถูกทำลายจากผลกระทบของเทคโนโลยีดังกล่าว ดังนั้นแว่นตากันแดดที่ผลิตออกมามากขึ้นจะต้องมีประสิทธิภาพในการป้องกันรังสีในช่วงอัลตราไวโอเล็ตมากขึ้น อย่างไรก็ตามแว่นตากันแดดที่วางขายในท้องตลาดมีความหลากหลายมากและผู้ซื้อไม่สามารถทราบถึงประสิทธิภาพของแว่นตาในการป้องกันรังสีได้อย่างละเอียด ดังนั้นผู้จัดทำโครงการพิเศษจึงมีแนวคิดในการประดิษฐ์เครื่องตรวจสอบที่ใช้วัดประสิทธิภาพของการกรองแสงในช่วงอัลตราไวโอเล็ตของแว่นตากันแดดขึ้น โดยมีจุดประสงค์ในการนำชุดเครื่องมือดังกล่าวไปใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้จริง

### 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการกรองแสงของแว่นตากันแดด
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบของรังสี อัลตราไวโอเล็ตในแต่ละช่วงความยาวคลื่นต่อดวงตา
- 1.2.3 เพื่อศึกษาวิธีการตรวจสอบค่าการทะลุผ่านรังสี อัลตราไวโอเล็ต ในแต่ละช่วงความยาวคลื่น
- 1.2.4 เพื่อออกแบบและประดิษฐ์ชุดเครื่องมือตรวจสอบการป้องกันรังสี อัลตราไวโอเล็ตของแว่นตากันแดด

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

สำหรับขอบเขตในการศึกษาของโครงการนี้ เราสามารถแบ่งเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

- 1.3.1 ส่วนทฤษฎีจะเป็นการศึกษาหลักการกรองแสงของแว่นตากันแดด
- 1.3.2 ส่วนของเทคนิคการวัด ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการวัดค่าการทะลุผ่านของแสงในช่วงอัลตราไวโอเล็ตของแว่นตากันแดดโดยใช้ระบบ Transmission Spectroscopy วัดค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการกรองแสงของแว่นตากันแดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 ประดิษฐ์และพัฒนาระบบชุดเครื่องมือตรวจสอบ การป้องกัน รังสีอัลตราไวโอเล็ตของแว่นตากันแดด

1.3.4 ส่วนของผลและการสรุป จะเป็นส่วนที่รวบรวมผลที่ได้จากการวัดทั้งหมดแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงเงื่อนไขในการประดิษฐ์เครื่องมือดังกล่าว

#### 1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องในโครงการพิเศษนี้

1.4.2 จัดซื้ออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน

1.4.3 สร้างเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดค่าการทะลุผ่านของรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้

1.4.4 พัฒนาอุปกรณ์ให้มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นที่ต้องการทดสอบ

1.4.5 ทำการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของแว่นตากันแดด

1.4.6 วิเคราะห์และสรุปผล จัดทำรายงาน

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงการค้นคว้าหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1.5.2 ทราบถึงวิธีการติดตั้งเครื่องมือในโครงการพิเศษนี้

1.5.3 ทราบถึงเทคนิคการวัดสมบัติทางแสงและประสิทธิภาพของการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของแว่นตากันแดด

1.5.4 ทราบถึงการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic waves)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นรูปแบบหนึ่งการถ่ายเทพลังงาน จากแหล่งที่มีพลังงานสูงแผ่รังสีออกไปรอบๆ โดยมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ ความยาวคลื่น โดยอาจวัดเป็น nanometre หรือ micrometre และ ความถี่คลื่น( $f$ ) ซึ่งจะวัดเป็น hertz (Hz) โดยคุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$c = f\lambda \quad (2.1)$$

เมื่อ  $c =$  อัตราเร็วแสงในสุญญากาศ  
 $= 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ถูกจำแนกออกตามย่านความยาวคลื่นต่างๆ จากคลื่นสั้นไปคลื่นยาวดังนี้คือ

- ช่วงรังสีแกมมา (gamma ray :  $\lambda < 0.1 \text{ nm}$ ) เป็นช่วงที่มีพลังงานสูง แผ่รังสีจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ หรือจากสารกัมมันตรังสี
- ช่วงรังสีเอ็กซ์ (x-ray :  $0.1 \text{ nm} < \lambda < 300 \text{ nm}$ ) เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานในระดับอะตอม
- ช่วงอัลตราไวโอเล็ต เป็นช่วงที่มีพลังงานสูง เป็นอันตรายต่อเซลล์มีชีวิต
- ช่วงคลื่นแสง เป็นช่วงคลื่นที่ตามนุษย์รับรู้ได้ ประกอบด้วยแสงสีม่วง ไล่ลงมาจนถึงแสงสีแดง
- ช่วงอินฟราเรดเป็นช่วงคลื่นที่มีพลังงานต่ำ ตามนุษย์มองไม่เห็น จำแนกออกเป็นอินฟราเรดคลื่นสั้น และอินฟราเรดคลื่นความร้อน
- ช่วงคลื่นวิทยุ (radio wave) เป็นช่วงคลื่นที่เกิดจากการสั่นของผลึกเนื่องจากได้รับสนามไฟฟ้า หรือเกิดจากการสลับขั้วไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ค่าความเข้มพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในแต่ละความยาวคลื่น

ประเภท	ความยาวคลื่น	ความถี่
อัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet)	100 Å – 0.4 μm	750 - 3500 THz
คลื่นแสง (visible light)	0.4 – 0.7 μm	430 – 750 THz
อินฟราเรด (infrared)		
อินฟราเรดใกล้ (near IR)	0.7-1.3 μm	230 – 430 THz
อินฟราเรดคลื่นสั้น (shortwave IR)	1.3 – 8 μm	38 – 230 THz
อินฟราเรดความร้อน (thermal IR)	8 – 14 μm	22 – 38 THz
อินฟราเรดไกล (far IR)	14 – 1 mm	0.3 – 22 THz
คลื่นวิทยุ (radio wave)		
ไมโครเวฟ (microwave)	0.1 – 1 mm	0.3 THz – 3 GHz
คลื่นสั้น (HF)	1 mm – 100 m	3 – 300 MHz
คลื่นกลาง (MF)	0.1 – 1 km	0.3 – 3 MHz
คลื่นยาว (LF)	1 – 10 km	30 – 300 KHz
คลื่นยาวมาก (VLF)	10 – 100 km	3 – 30 KHz

ความยาวช่วงคลื่นและความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น ดวงอาทิตย์ มีอุณหภูมิ 6000 เคลวิน (K) จะแผ่พลังงานในช่วงคลื่นแสงมากที่สุด วัตถุต่างๆ บนพื้นโลกส่วนมากจะมีอุณหภูมิประมาณ 300 เคลวิน (K) จะแผ่พลังงานในช่วงอินฟราเรดความร้อนมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ จะถูกโมเลกุลอากาศ และฝุ่นละอองในอากาศดูดกลืน และขวางไว้ทำให้คลื่นกระเจิงคลื่นออกไป คลื่นส่วนที่กระทบถูกวัตถุจะสะท้อนกลับ และเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศมาตกสู่อุปกรณ์วัดคลื่น

## 2.2 ธรรมชาติของแสง

เมื่อพูดถึงแสงเรามักจะคิดถึงกันว่าจะต้องมาจากแหล่งกำเนิดแสงเสมอ เช่น ดวงอาทิตย์ เปลวเทียน แล้วคลื่นที่เป็นเส้นตรงจากแหล่งกำเนิดแสง เมื่อผ่านวัตถุโปร่งใสก็จะมีการหักเห และจะเกิดการสะท้อนเมื่อกระทบผิววัตถุที่สะท้อนแสง ในศตวรรษที่ 17 นิวตัน (Sir Isaac Newton ค.ศ. 1643 – 1727) มีแนวคิดที่ว่า “ แสงเป็นอนุภาคที่ส่งต่อกันออกมา คล้ายลูกปืนที่ยิงต่อกันออกไป ” และยังสามารถอธิบายกฎการสะท้อนและหักเหของแสง โดยใช้ทฤษฎีที่ว่าแสงเป็นอนุภาค

ต่อมาในปี ค.ศ. 1670 ฮอยเกนส์ (Christian Huggens ค.ศ. 1629 – 1695) ได้เสนอทฤษฎีคลื่น ( wave theory ) ซึ่งอธิบายการสะท้อนและการหักเหของแสง

อีก 160 ปีต่อมา ทอมัส ยัง (Thomas Young ค.ศ. 1773 – 1829) พบว่าแสงสามารถเกิดการแทรกสอดได้โดยทดลองให้แสงผ่านช่องสลิตคู่ (double slit ) ทำให้สามารถวัดค่าความยาวคลื่นแสงได้ ด้วยเหตุเหตุผลดังกล่าวทำให้นักวิทยาศาสตร์ยอมรับทฤษฎีคลื่นมากกว่าทฤษฎีอนุภาค

ในปี ค.ศ. 1821 เฟรสเนล ( Augustin Fresnel ค.ศ. 1788 – 1827 ) ค้นพบทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และได้ผลเป็นสมการคลื่นแมกเวลล์ ( Maxwell equation ) ซึ่งสามารถหาอัตราเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ โดยพบว่าความเร็วของคลื่นเหล่านี้มีค่าเท่ากับความเร็วของคลื่นแสงซึ่งเป็นการสนับสนุนว่าแสงก็เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าด้วย แต่ทฤษฎีคลื่นแสงนี้ยังไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ตัวนำปล่อยอิเล็กตรอนออกมาเมื่อถูกแสง ( Photoelectric )

พลังค์ ( Max Planck ค.ศ. 1858 - 1947 ) อธิบายสเปกตรัมของรังสีที่แผ่ออกมาจากวัตถุดำ ( black body ) โดยการสมมติฐานที่ว่าอะตอมเปล่งแสงออกมาอย่างไม่ต่อเนื่อง กล่าวคือ พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาจากวัตถุดำ มีค่าขึ้นกับความถี่โดย

$$E = h\nu \quad (2.2)$$

ต่อมาไอน์สไตน์ ( Albert Einstien ค.ศ. 1879 – 1955 ) ได้อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric effect ) ซึ่งถือว่าแสงเป็นลำอนุภาคโฟตอน เป็นแนวคิดของทฤษฎีควอนตัม ที่เรียกว่าควอนตัมหรือพลังงานโฟตอน จะมีค่าเท่ากัน โดยจะขึ้นกับความถี่หรือความยาวคลื่นของ

แสงนั้น รวมทั้งทฤษฎีสัมพันธภาพ โดยจะกล่าวถึงมวลจะขึ้นกับความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่และ มวลกับพลังงานจะสมมูลกัน

คอมพ์ตัน ( Arthur Compton ค.ศ. 1892 – 1962 ) ได้พบว่าเมื่อโฟตอนชนกับอิเล็กตรอน แล้วจะทำให้พลังงานและโมเมนตัมของโฟตอนเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะเป็นสมบัติของอนุภาค เมื่อมีการชนกัน ซึ่งแนวคิดข้างต้นนี้สนับสนุนทฤษฎีอนุภาคเป็นอย่างมาก

ในปี ค.ศ. 1924 เดอ บรอยล์ ( Louis de Brogile ค.ศ. 1892 – 1987 ) เสนอแนวคิดที่ว่า อนุภาคที่มีโมเมนตัมจะมีความยาวคลื่น ที่เกี่ยวข้องกันดังสมการ

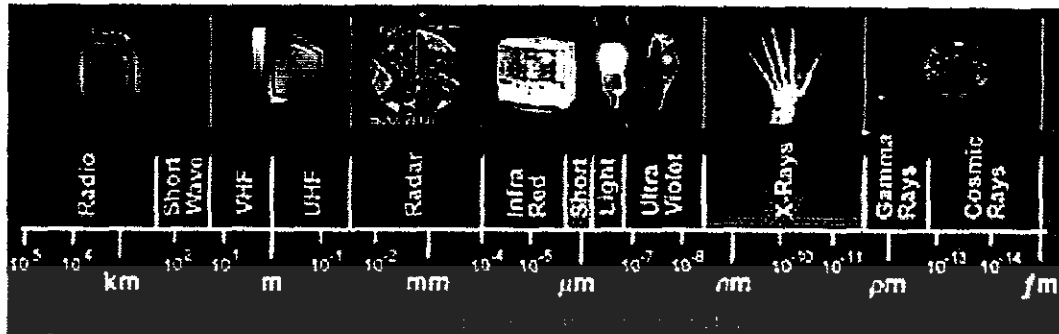
$$\lambda = \frac{h}{p} \tag{2.3}$$

เมื่อ  $h$  คือ ค่าคงตัวของพลังค์  
 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

ซึ่งสนับสนุนทฤษฎีที่ว่าแสงมีสมบัติเป็นคลื่น กล่าวโดยสรุปข้อเสนอลักษณะข้างต้น จะเห็นได้ว่า แสงมีสมบัติที่เป็นทั้งคลื่นและอนุภาค (Wave – particle duality) โดยในสมบัติที่แสงเป็นคลื่นนั้นจะ สามารถใช้อธิบายในเรื่องการเคลื่อนที่และปรากฏการณ์การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงได้ ส่วนสมบัติทางอนุภาคนั้นจะสามารถใช้พิจารณาในเรื่องที่แสงมีอันตรกิริยากับสสารต่าง ๆ ได้

### 2.3 การวัดปริมาณทางแสง

ในการวัดปริมาณต่าง ๆ ทางแสงนั้น โดยปกติจะเป็นการวัดที่อ้างอิงกับตาปกติของมนุษย์ โดยทั่วไปช่วงที่ทำให้เกิดการมองเห็นของตามนุษย์จะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 380 – 770 นาโนเมตร ซึ่งเรียกช่วงที่ทำให้เกิดการมองเห็นว่าเป็นช่วงของแสง ( visible region ) ส่วนแสงที่อยู่ในช่วงที่มองไม่เห็นมี 2 ช่วง คือ อัลตราไวโอเล็ต ( ultraviolet ) และ อินฟราเรด ( infrared ) โดยจะ เรียก 3 ช่วงนี้รวมกันว่าเป็น optical region ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นในคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังรูป รูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ช่วงความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

โดยปริมาณและหน่วยในการวัดทางแสงมี ดังนี้

1. พลังงานส่องสว่าง,  $Q_v$  (luminous energy)

$Q_v$  มีหน่วยเป็น  $\text{lm} \cdot \text{s}$  หรือ Talbot

2. ความหนาแน่นพลังงานการส่องสว่าง,  $W_v$  (luminous energy density)

$$W_v = \frac{dQ_v}{dV} \quad (2.4)$$

มีหน่วยเป็น  $\text{lm} \cdot \text{s}/\text{m}^3$

3. ฟลักซ์การส่องสว่าง,  $\phi_v$  (luminous flux)

$$\phi_v = \frac{dQ_v}{dt} \quad (2.5)$$

มีหน่วยเป็น lumen (lm)

4. ความหนาแน่นฟลักซ์การส่องสว่าง (luminous flux density) ที่ผิววัตถุใด ๆ จะมีปริมาณ  
นี้ใน 2 ลักษณะคือ

- เกิดจากการสะท้อนที่ผิวนั้น เรียกว่า การเปล่งส่องสว่าง,  $M_v$  (luminous exitance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_v = \frac{d\phi_A}{dA} \quad (2.6)$$

มีหน่วยเป็น  $\text{lm} / \text{m}^2$

- เกิดจากการตกกระทบบนผิวนั้น เรียกว่า ความสว่าง,  $E_v$  (Illuminance)

$$E_v = \frac{d\phi_A}{dA} \quad (2.7)$$

มีหน่วยเป็น  $\text{lm} / \text{m}^2$  หรือ lux (lx)

5. ความเข้มส่องสว่าง,  $I_v$  (luminous intensity)

$$I_v = \frac{d\phi_A}{d\omega} \quad (2.8)$$

มีหน่วยเป็น  $\text{lm} / \text{sr}$  หรือ candela (cd)

6. ความส่องสว่าง,  $L_v$  (luminance)

$$L_v = \frac{dI_v}{dA \cos \theta} \quad (2.9)$$

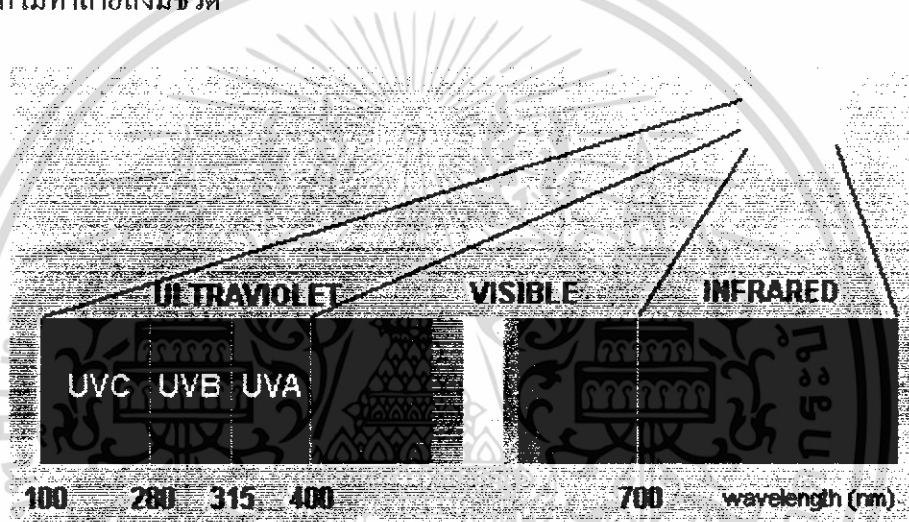
มีหน่วยเป็น  $\text{cd} / \text{m}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตชนิดต่างๆและสเปกตรัมในย่านการมองเห็น

รังสีอัลตราไวโอเล็ต แบ่งเป็น 3 ช่วง ดังนี้

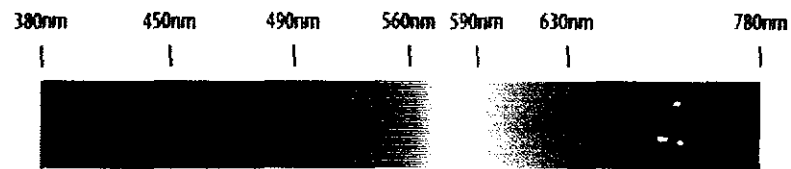
- UV C มีช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 100-280 นาโนเมตร ถูกดูดกลืนเกือบทั้งหมดโดยโอโซน และออกซิเจนในบรรยากาศ
- UV B มีช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 280-315 นาโนเมตร ถูกดูดกลืนเป็นส่วนใหญ่และส่องถึงพื้นโลกประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์
- UV A มีช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 315-400 นาโนเมตร ไม่ถูกดูดกลืนโดยโอโซน แต่ส่วนมากไม่ทำลายสิ่งมีชีวิต



รูปที่ 2.2 สเปกตรัมจากดวงอาทิตย์

แสงเป็นพลังงานที่ทำให้เกิดการมองเห็น ในทางฟิสิกส์ถือว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ประมาณ 300,000 กม./วินาที มีคุณสมบัติในการกระจายพลังงานออกมาที่ความยาวคลื่นต่างๆ กัน แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ ที่รู้จักกันดีคือดวงอาทิตย์ซึ่งให้พลังงานออกมาที่ความยาวคลื่นต่างๆ แต่แถบพลังงานที่มีอิทธิพลต่อตาคนและทำให้เกิดการมองเห็นเป็นเพียงช่วงแคบๆ ระหว่าง 380 - 780 นาโนเมตร เราเรียกช่วงของการกระจายนี้ว่า Visible spectrum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 สีที่ตามองเห็นแถบสีแต่ละแถบในช่วง Visible Spectrum

ช่วงความยาวคลื่นเหล่านี้สามารถแยกให้เห็นแถบของการกระจายพลังงานอย่างกว้างๆ ได้ 7 แถบ แต่ละแถบของการกระจาย พลังงานเรียกว่า สเปกตรัมช่วงการกระจายที่ต่างกันทำให้มองเห็นสีต่างกันดังตารางที่ 2.2

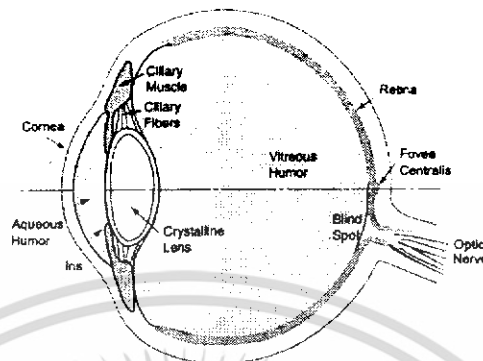
ตารางที่ 2.2 ช่วงความยาวคลื่นแสงที่ตามองเห็น

สี	ช่วงความยาวคลื่น (nm)
แดง	780 - 630
ส้ม	630 - 590
เหลือง	590 - 560
เขียว	560 - 490
น้ำเงิน	490 - 440
คราม	440 - 420
ม่วง	420 - 380

ซึ่งให้แสงสีต่างกันไม่สามารถแยกให้เห็นส่วนประกอบของแต่ละแถบสีได้ ไม่ว่าจะด้วยวิธีใดๆ และเราเรียกแถบสีนี้ว่า แสงเอกพันธ์ (Homogeneous Light) แต่เมื่อนำแสงเหล่านี้มารวมกันจะทำให้เกิด แสงสีใหม่เราเรียกแสงสีที่เกิดขึ้นใหม่นี้ว่าแสงวิวิธพันธ์ (Non-Homogeneous Light) เช่น แสงจากดวงอาทิตย์เกิดจาก การรวมกันของแสงทั้ง 7 สีในช่วง Visible Spectrum เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 ตา และองค์ประกอบของตา

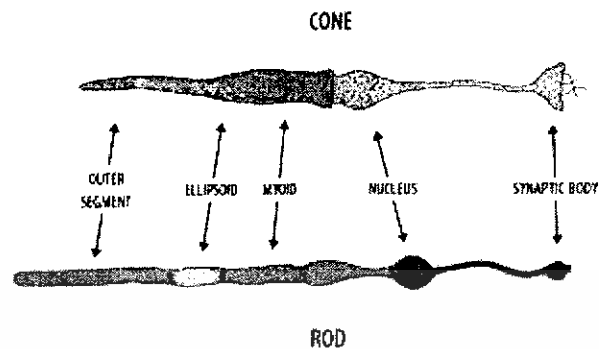


รูปที่ 2.4 ตา และองค์ประกอบของตา

ตาคคนเราแต่ละข้างจะมีโครงสร้างดังรูปซึ่งประกอบด้วย

1. Sclera เป็นส่วนของตาขาวทั้งหมดทำหน้าที่ห่อหุ้มลูกตาเอาไว้
2. Cornea กระจุกตา เป็นเยื่อบางใส อยู่ด้านนอกของลูกตา ทำหน้าที่หักเหแสงให้ตกลงบน Retina โดยแสงจะส่องผ่านรูม่านตา (Pupil) ซึ่งจะรับแสงมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับการบีบรัดตัวของม่านตา (Iris) ทั้งนี้แสงส่วนใหญ่จะถูกหักเหด้วย Cornea ส่วนที่เหลือจะถูกปรับละเอียดอีกครั้งด้วยเลนส์
3. Choroid ประกอบด้วยเส้นเลือดต่างๆ มากมายเพื่อหล่อเลี้ยงดวงตา
4. Iris ม่านตา ทำหน้าที่ปรับปริมาณแสงให้เข้าสู่ retina อย่างเหมาะสม
5. Ciliary Body หรือ Ciliary Muscle เป็นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่บีบบังคับเลนส์ให้พองหรือแฟบเข้าเพื่อรับภาพเข้าสู่จุดโฟกัส
6. Ciliary Zonules หรือ Ciliary Fibers เป็นเอ็นยึดระหว่าง Ciliary Body กับเลนส์ เมื่อตาได้รับภาพวัตถุ กล้ามเนื้อของ Ciliary Body จะกระทำต่อ Zonules เป็นเหตุให้เลนส์ขยายตัวขึ้นและรับภาพนั้นเข้าสู่จุดโฟกัสโดยทำงานสัมพันธ์กับม่านตา และขณะที่วัตถุเคลื่อนห่างจากดวงตา กล้ามเนื้อจะคลายตัวออกทำให้เลนส์แฟบลง กระบวนการที่เกิดขึ้นเรียกว่า Accommodation ค่า Magnitude ของ Accommodation จะลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้นทำให้การมองเห็นไม่ชัดเจน การลดลงของค่า Magnitude เชื่อว่าเป็นเพราะการแข็งตัวของเลนส์ภาวะอย่างนี้เรียกว่า Presbyopia ซึ่งจะเริ่มเป็นเมื่ออายุราว 40 ปีขึ้นไป
7. Fovea เป็นจุดเล็กๆ บนเรตินา ซึ่งเป็นจุดที่มองเห็นชัดที่สุด
8. Optic nerves ประสาทตาซึ่งต่อเชื่อมกับเซลล์รับแสงบนเรตินามีจำนวนนับล้านเส้น
9. Retina เป็นส่วนของเซลล์รับแสง ประกอบด้วยเซลล์ไวแสง 2 ชนิดคือ Cones กับ Rods

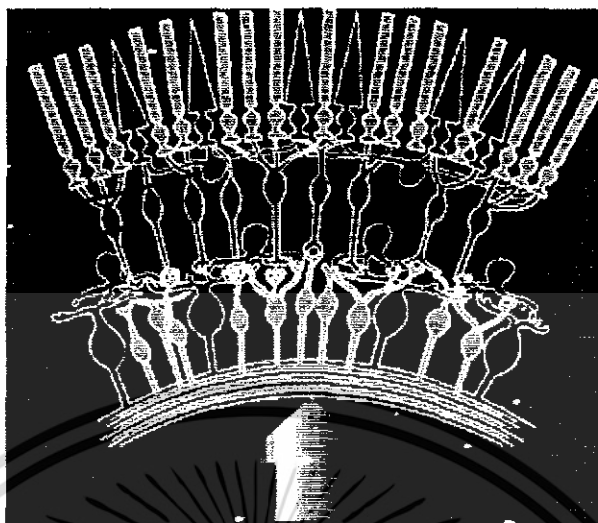
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงถึงเซลล์รับแสงของเรตินา

- **Cones** เซลล์รับแสงที่มีลักษณะเป็นแท่งทู่ๆ รวมกันอยู่อย่างหนาแน่นบริเวณรอบๆ Fovea มีจำนวน 6-7 ล้านอันแบ่งเป็น 3 กลุ่มมีความไวต่อแสงสีต่างกันคือไวต่อแสงสีแดง, เขียวและน้ำเงิน Cones จะมีผลต่อการมองเห็นแบบ daylight เท่านั้นซึ่งจะเริ่มทำงานเมื่อได้รับแสงประมาณ 1 ฟุต-แลมเบิร์ต (foot-Lambert) ขึ้นไป การมองเห็นสีต่างๆ ขึ้นอยู่กับการทำงานของ Cones ถ้า Cones ทั้ง 3 กลุ่มทำงานพร้อมกันเท่าๆ กันจะมองเห็นเป็นแสงสีขาวหรือไม่มีสี ถ้า Cones ตัวใดตัวหนึ่งเสียไปจะทำให้เกิดตาบอดสี

- **Rods** เซลล์รับแสงที่มีลักษณะเป็นแท่งยาวๆ ไวแสงมาก กระจายอยู่บริเวณรอบนอก Fovea มีจำนวนประมาณ 100 ล้านอัน rods จำนวนหลายพันตัวถูกต่ออยู่กับเส้นประสาท 1 เส้นจึงทำให้ความคมชัดของการมองเห็นต่ำมาก จะไม่ปรากฏสีต่างๆ ในระบบของ rods จะเห็นเป็นเพียงขาว-ดำเท่านั้น rods จะทำงานเมื่อได้รับแสงสว่างน้อยๆ คือระหว่าง  $10^{-4}$  - 1 ฟ.



รูปที่ 2.6 การกระจายตัวของเซลล์รับแสงบนเรตินา

จากการทำงานของ Cones และ Rods ก็พอจะแบ่งระดับการมองเห็นออกเป็น 3 ระดับคือ

1. **Scotopic Vision** เป็นช่วงที่ Rods ทำงานเพียงอย่างเดียวจะมองเห็นวัตถุต่างๆ เป็นสีขาว-ดำเท่านั้น โดยแสงที่ได้รับมีค่าระหว่าง  $10^{-6}$  -  $10^{-2}$  ล.
2. **Mesopic Vision** เป็นช่วงที่ Rods และ Cones ทำงานร่วมกันทำให้มองเห็นวัตถุเป็นสีปนขาว-ดำ แต่ไม่สามารถระบุให้แน่ชัดได้ว่าเป็นสีใด เป็นภาวะแสงสลัวที่มีความสว่างประมาณ  $10^{-2}$  - 1 ล.
3. **Photopic Vision** เป็นช่วงที่ Cones ทำงานเพียงอย่างเดียวจะมองเห็นวัตถุต่างๆ เป็นสีถูกต้องและบอกรายละเอียดของวัตถุได้ชัดเจน เมื่อได้รับแสงสว่างตั้งแต่ 1 ล. ขึ้นไป

การมองเห็นทั้ง 3 ระดับเมื่อทำการทดสอบกับตาคนปกติโดยการวัดจุดเริ่มตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ความยาวคลื่นต่างๆ ในย่าน Scotopic และ Photopic พบว่าตาคนเรามีความไวต่อแสงสีที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร (Scotopic) และ 555 นาโนเมตร (ในย่าน Photopic) มากที่สุด ซึ่งเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงสีเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 ผลกระทบของรังสีอัลตราไวโอเล็ตต่อสายตาและผิวหนัง

### ประโยชน์

1. ช่วยให้ผิวหนังสร้างวิตามินดี เป็นประโยชน์ในการดูดซึมแคลเซียมในร่างกาย

### โทษ

1. ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ผิวหนังดำคล้ำ รอยแดดเผาหรืออาจทำให้ผิวหนังหนาเหี่ยวย่นแก่ก่อนวัย
2. ทำให้เยื่อบุตาอักเสบ ตาเป็นโรคต้อกระจกทำลายเซลล์รับภาพในตาของเด็ก
3. ทำลายระบบภูมิคุ้มกันของผิวหนัง ทำให้ติดเชื้อได้ง่าย
4. ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงดีเอ็นเอและทางพันธุกรรม
5. อาจรุนแรงถึงโรคมะเร็งผิวหนัง หรือทำให้พืชหรือสัตว์สูญพันธุ์
6. ทำให้ห้วงโซ่อาหารในทะเลขาดช่วงไป

## 2.7 แหล่งกำเนิดแสง ( Light source )

โดยทั่วไปเราแบ่งชนิดของแหล่งกำเนิดแสงออกเป็นกลุ่ม ๆ ดังนี้

### 2.7.1 แสงอาทิตย์และจากท้องฟ้า

แสงจากแหล่งทั้งสองนี้จะทำให้เกิดเป็นแสงสว่างในเวลากลางวันบนผิวโลก แสงจากท้องฟ้าจะมีในย่านของสีน้ำเงินค่า irradiance ที่วัดนอกชั้นบรรยากาศเฉลี่ยต่อปี เรียกว่า ค่าคงตัวสุริยะ ( solar constant ) มีค่าเท่ากับ  $1350 \text{ W / m}^2$  ในกรณีที่ไม่สามารถนำแสงอาทิตย์มาใช้ได้สะดวก เช่น ในห้องทดลองจะนิยมใช้หลอด ซีนอน ( Xenon ) ความดันสูงแทนแสงจากดวงอาทิตย์ สเปกตรัมของแสงจากดวงอาทิตย์นี้ ถ้าวัดนอกชั้นบรรยากาศจะมีลักษณะเหมือนสเปกตรัมของวัตถุดำ ( black body ) โดยวัตถุดำ หมายถึง วัตถุที่ดูดกลืนและเปล่งรังสีอย่างสมบูรณ์ ( ideal absorber และ perfect emitter ) และจะให้รังสีได้มากกว่าวัตถุดิบที่อุณหภูมิเท่ากันในทุกทิศทางและความยาวคลื่น

### 2.7.2 แหล่งกำเนิดแสงประเภทที่เปล่งจากวัตถุร้อน ( Incandescent sources)

แหล่งกำเนิดประเภทนี้ ได้แก่

- วัตถุดำ ( blackbody source )
- Nernst glower and globar
- ไส้ทังสเตน ( tungsten filament )

แหล่งกำเนิดประเภทนี้ อาศัยการเหวี่ยงด้วยไฟฟ้าจนเกิดการเปล่งแสงออกมา กล่าวคือ ความร้อนจะไปทำให้อิเล็กตรอนขึ้นไปอยู่ในสถานะถูกกระตุ้น ( excited state ) แต่เมื่ออิเล็กตรอนเหล่านี้กลับคืนสู่สถานะพื้น ( ground state ) จะเปล่งแสงออกมา วัตถุดำจะเป็นโพรง ( cavity ) ที่มีรูเล็ก ๆ และแสงที่ออกมาจากรูนี้จะมีค่าสภาพเปล่งรังสีเป็น 1 ( emissivity )

หลอดไฟที่มีไส้หลอดเป็นทังสเตนเป็นที่นิยมใช้อย่างมากในงานที่ต้องการแสงที่มีความยาวคลื่นต่อเนื่องในช่วงที่ตามองเห็นและช่วงอินฟราเรด แหล่งกำเนิดแสงประเภทนี้มีค่าสภาพเปล่งรังสีใกล้เคียงกับ 1 เนื่องจากทังสเตนระเหยไปเคลือบบนผิวหลอด ทำให้ค่าลูเมนที่ได้ลดลง รวมทั้งลดอายุการใช้งาน เนื่องจากความต้านทานไส้หลอดเพิ่มขึ้นจากการใช้งาน จึงนิยมบรรจุแก๊สเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน หรือ อาร์กอน ลงไปช่วยลดอัตราการระเหย

### 2.7.3 หลอดไฟประเภทปล่อยประจุ ( Discharge tubes )

หลอดไฟประเภทนี้อาศัยการปล่อยประจุไฟฟ้า ( Electrical discharge ) ในแก๊สเพื่อทำให้เกิดแสงขึ้น ตัวหลอดทำด้วยแก้วหรือควอทซ์ซึ่งแก้วจะดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวต่ำกว่า 300 นาโนเมตร ส่วนควอทซ์จะดูดกลืนที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 180 นาโนเมตร ภายในหลอด มีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว และแหล่งกำเนิดของอิเล็กตรอนร้อน หลักการทำงานคือ สนามไฟฟ้าจากขั้วไฟฟ้าจะเร่งอิเล็กตรอนให้มีพลังงานมากพอ และอิเล็กตรอนร้อนจะวิ่งชนอะตอมของแก๊สให้แตกตัวเป็นไอออนการกลับสู่ระดับพลังงานต่ำๆของแก๊สจะทำให้มีแสงเกิดขึ้น ชนิดของแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนร้อนมีได้หลายชนิด เช่น

- การให้ความร้อนแก่แคโทด ( thermionic emission )
- การให้สนามไฟฟ้าค่าสูง ๆ แก่แคโทด ( field emission )
- การให้ประจุบวกชนแคโทด ( secondary emission )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.7.4 อาร์คคาร์บอน ( carbon arc )

แหล่งกำเนิดแสงประเภทนี้จะให้แสงที่มีความเข้มสูง แต่อาจมีความยาวคลื่นมากมาย ถ้าการอาร์คเกิดในบรรยากาศของไอความดันสูง เรียกว่า Compact short – arc source ตัวอย่างของแหล่งกำเนิดประเภทนี้ได้แก่ mercury arc lamp , xenon arc lamp , mercury xenon arc lamp , hydrogen arc lamp และ deuterium arc lamp เป็นต้น

#### 2.7.5 หลอดเรืองแสง (Fluorescent lamps )

เป็นหลอดที่มีความดันต่ำ กระแสไฟฟ้าต่ำทำให้ได้รังสีอัลตราไวโอเล็ตไปทำให้เกิดการเรืองแสงของสารที่ฉาบไว้ที่ผิวในของหลอด และสเปกตรัมของรังสีที่ได้จากหลอดนี้ขึ้นกับสารที่ฉาบไว้ เช่น หลอดที่ใช้โดยทั่วไปจะฉาบ สังกะสีเบริลเลียมซิลิเกต (zinc beryllium silicate ) และแมกนีเซียมทังสเตท ( Magnesium tungstate ) เป็นต้น

#### 2.7.6 ไดโอดเปล่งแสง ( Light Emitting Diode – LED )

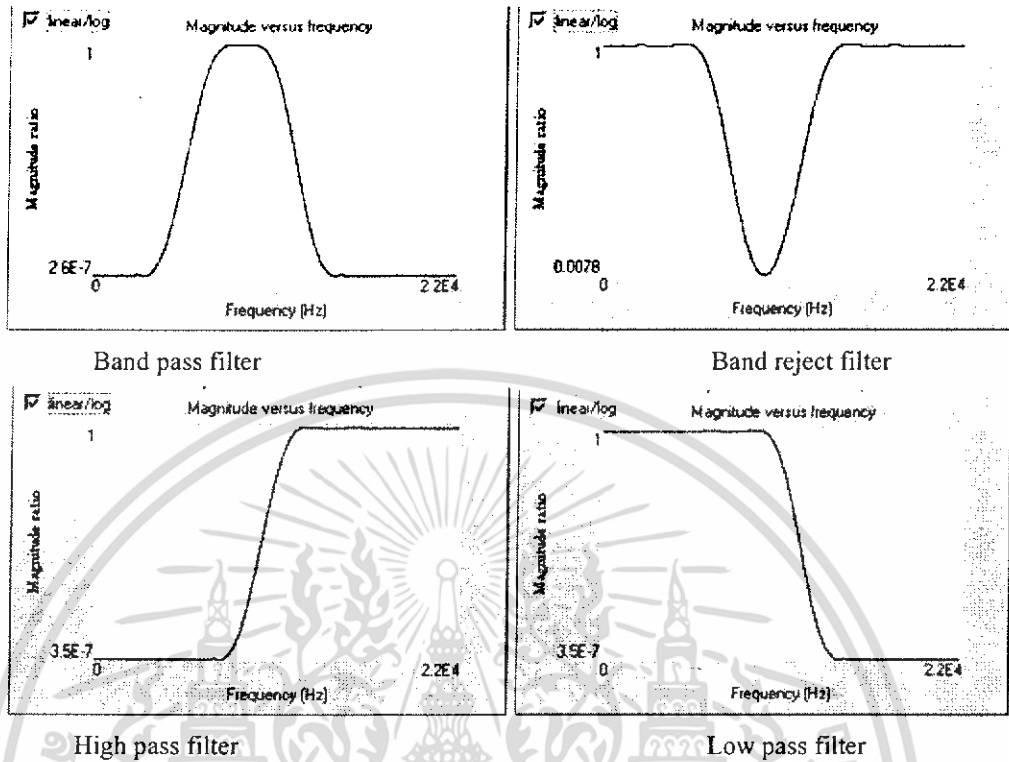
เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงความเข้มต่ำ และทำจากสารกึ่งตัวนำที่มีรอยต่อ พี – เอ็น ( p – n junction semiconductor ) เมื่อให้ค่าความต่างศักย์แก่รอยต่อแบบไบแอสตรง ( Forward bias ) ก็จะทำให้การรวมตัวของโฮล ( Hole) และ อิเล็กตรอน ( Electron ) เกิดการเปล่งแสงขึ้นเช่น

GaAs ให้ค่าความเข้มแสงสูงสุดที่ 900 นาโนเมตร

SiC ให้ค่าความเข้มแสงสูงสุดที่ 580 นาโนเมตร

### 2.8 การกรองความถี่จะมี 4 รูปแบบ

1. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ( Low Pass Filter : LPF) เป็นวงจรที่จะยอมให้ความถี่ต่ำผ่านไปได้ดี และจะลดทอนสัญญาณที่มีความถี่สูง
2. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน ( High Pass Filter : HPF) เป็นวงจรที่ยอมให้ความถี่สูงผ่านไปได้ดี และจะลดทอนสัญญาณที่มีความถี่ต่ำ
3. วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน ( Band Pas Filter : BPF) จะยอมให้เฉพาะช่วงแถบความถี่ผ่านไปได้ และลดทอนความถี่ที่ต่ำกว่าและสูงกว่า
4. วงจรกำจัดแถบความถี่ (Band Reject Filter : BRF หรือ Notch ) จะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่า และสูงกว่าผ่านได้ แต่จะลดทอนช่วงแถบความถี่



รูปที่ 2.7 กราฟการกรองความถี่ในช่วงต่างๆ

วงจรกรองความถี่ความสามารถสร้างได้จากอุปกรณ์ที่เรียกว่า อุปกรณ์ประเภตรีแอกทีฟ (Reactive) คือตัวเก็บประจุ (C) และ ตัวเหนี่ยวนำ (L) เนื่องจากอิมพีแดนซ์ของ C หรือ L จะเปลี่ยนแปลงตามความถี่ โดยการนำไปต่อในวงจรตามตำแหน่งที่เหมาะสม (อนุกรม/ขนาน)

วงจรกรองความถี่อาจอยู่ในรูปแบบของ วงจรกรองแบบพาสซีฟ ( Passive filter ) หรือ วงจรกรองแบบแอคทีฟ (Active filter) ซึ่งวงจรกรองแบบแอคทีฟอาจจะทำงานในเชิงอุปมาน หรืออนาล็อก (Analog) หรือทำงานในเชิงเลข หรือดิจิทัล (Digital)

76647

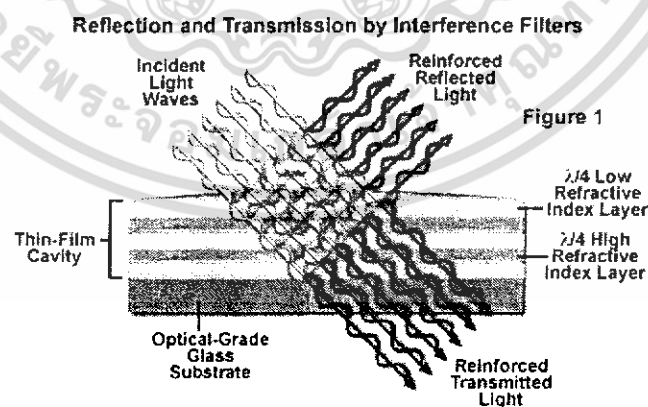
## 2.9 แผ่นกรองแสงโดยใช้หลักการแทรกสอด (Interference filters)

ผลสำเร็จทางเทคโนโลยีในการออกแบบ Bandpass filter มีการดำเนินการสร้างที่อุกของฟิล์มบางของ Interference filters ที่กำลังปรับปรุงลักษณะพิเศษที่สำคัญเลือกช่วงคลื่นและการแสดงการส่งผ่าน filters เหล่านี้ทำการ โดยการเลือกช่วงความยาวคลื่นอย่างมีประสิทธิภาพสูงในขณะปฏิบัติและการสะท้อนและที่เป็นการทำลาย interference จากความยาวคลื่นช่วงอื่น

Interference filters สมัยใหม่ถูกเขียนแบบหลังเครื่องมือวัดความยาว Febry-Perot ซึ่งออกแบบในช่วงปลาย 1800s โดย Charles Fabry และ Alfred Perot และถูกสร้างโดยฟิล์มบางหลายๆชั้น ทำให้ได้ผิวแก้วบางโปร่งใสเครื่องมือวัดความยาวแบบเดิมประกอบด้วยอุปกรณ์ทางแสง 2 ส่วน นั่นคือกระจกโปร่งใสทั้งสองแผ่นถูกแยกด้วยช่องว่างเล็กๆ ซึ่งสามารถเปลี่ยนขนาดได้โดยการเลื่อนกระจก 1 บานหรือทั้ง 2 บาน ในขณะนี้มีที่กำเนิด Interferometers มาใช้ประโยชน์หลากหลายในการวัดเชิงกลโดยการวัดการแทรกสอดระหว่างลำแสง

Interference filters สามารถผลิตได้โดยมีความแม่นยำสูง ทำให้ช่วงขอบ cut-on, cut-off มีความชันมากกว่าฟิลเตอร์ทั่วไป การผลิต Interference filters แบบใหม่ ประกอบด้วยชั้นของฉนวนที่ต่อเนื่องกัน ความหนาแน่นสามารถแปรค่าได้ระหว่าง  $\frac{1}{4}$  และ  $\frac{1}{2}$  ของความยาวคลื่นเป้าหมายซึ่งติดไว้บนแก้วบางหรือผิวของพอลิเมอร์ในสุญญากาศแสงที่ตกกระทบบนพื้นผิวฉนวนหลายชั้นจะมีแสงที่เป็นแบบเสริมส่งผ่านฟิลเตอร์หรือไม่ก็ถูกสะท้อนและผ่านการแทรกสอดทำให้มีขนาดเล็กลง

Filter bandpass กำหนดโดยลักษณะธรรมชาติของชั้นผิวฉนวนทำให้แสงความยาวคลื่นที่ต้องการส่งผ่านและสะท้อนแสงที่ไม่ต้องการออกไป การป้องกันความยาวคลื่นที่ผ่านฟิลเตอร์ไม่ได้ทำให้ความเข้มลดลงแต่จะสะท้อนแสงให้เคลื่อนออกจากแนวลำแสงตกกระทบบน

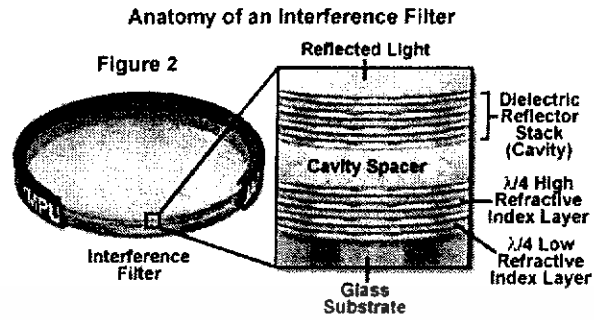


รูปที่ 2.8 การสะท้อนและส่งผ่านของแสงของ Interference filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interference filters ที่ใช้ ทำขึ้นจากฉนวนโดยทั่วไปไม่นำไฟฟ้าและเป็นวัสดุที่มีดัชนีหักเห พิเศษ bandpass interference filters แบบดั้งเดิมใช้ zinc sulfide, zinc selenide, หรือ sodium aluminum fluoride (ทั้งหมดอยู่ในรูป cryolite) แต่การเคลือบสารเหล่านี้จะดูความชื้นและต้องถูก ห่อหุ้มเพื่อป้องกันชั้นที่เคลือบไว้จากอากาศรอบๆ ในการเพิ่ม zinc และ cryolite salts มีลักษณะ เฉพาะที่ช่วยให้เพิ่มการส่งผ่านฟิลเตอร์ที่ต่ำและที่อุณหภูมิไม่คงที่ถึงแม้ว่าสิ่งเหล่านี้จะธรรมดาและ ถูกก็ตาม จากชั้นเคลือบหลายๆชั้น ชั้นสุดท้ายเป็นแก้วหรือชั้นที่เคลือบด้วย silicon monoxide ที่ ป้องกันการถลอก เริ่มนำชั้น โปร่งใสกึ่งโลหะออกไซด์(ที่เรียกกันว่า hard coatings) มาทำเป็นฟิล์ม บาง ซึ่งมันช่วยลดปัญหาจากสิ่งแวดลอมที่มีผลต่อ interference filters และทำให้มีอุณหภูมิคงที่ขึ้น ชั้นที่เคลือบบางด้วยโลหะและเกลือแต่ละชั้นจะมีดัชนีหักเหที่เป็นเอกลักษณ์ถูกประยุกต์ในชั้น ต่อเนื่องให้มีค่าดัชนีหักเหสูงและต่ำสลับกันองค์ประกอบในการออกแบบนี้ที่ที่ต่อระวางคือพื้นที่ ร่วมระหว่างวัตถุที่เป็นฉนวน 2 อันที่ดัชนีหักเหต่างกัน(อันหนึ่งมีค่ามากกว่ามาก) ซึ่งมีผลให้ บางส่วนเกิดแสงสะท้อน ไปข้างหน้าและบางส่วนสะท้อนย้อนกลับผ่านฟิลเตอร์และเกิดการแทรก สอดในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการการสนับสนุนและการส่งผ่านของค่าความยาวคลื่นยังคงขึ้นอยู่กับ ความหนาและค่าดัชนีหักเหที่กระจายของชั้นฉนวน ถึงแม้ว่าผิวเคลือบจะมีความ โปร่งใส แต่ คลื่นแสงจะมีการสะท้อนและส่งผ่าน โดยฉนวนทำให้เกิดการแทรกสอดปรากฏขึ้นจากผิวของ ฟิลเตอร์

ชั้นบางๆที่เป็นฉนวนในรูป cavities ที่ซึ่งมีชั้นของเกลือและโลหะออกไซด์(หรือบางที่เป็น โลหะบริสุทธิ์) 3-5 ชั้นสลับกันและถูกแยกด้วยชั้นของ magnesium fluoride ที่เป็นระยะห่าง ระยะห่างนี้ถูกผลิตจากชั้นฉนวนที่หนาเหมือนกับการเกิด  $1/4$  หรือ  $1/2$  ของความยาวคลื่นที่แสง สะท้อนหรือส่งผ่าน การเพิ่มจำนวน cavities ที่ใช้ในการสร้าง Interference filter จะเพิ่มความชัน ของ cut-on และ cut-off ของขอบเขตความยาวคลื่นที่ส่งผ่าน ฟิลเตอร์แบบพิเศษจะมีการวางตั้งซ้อน กันของ cavities ได้ถึง 15 กลุ่ม โดยสามารถมีชั้นของฉนวนรวมกัน ได้มากกว่า 75 ชั้น ทำให้ได้ช่วง bandwidths ที่ละเอียดในระดับนาโนเมตร



รูปที่ 2.9 ลักษณะภายในของ Interference filter

แต่ละชนิดของฟิลเตอร์จะถูกออกแบบและสร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยีการเคลือบการแทรกสอดของฟิล์มบางที่ประกอบด้วย bandpass, shortpass, longpass, dichroic beamsplitters, neutral density, และกระจกแต่ละชนิด จากที่ได้กล่าวข้างต้นจำนวนของ dielectric และ cavities ใช้เพื่อควบคุมความแม่นยำ, ความยาวคลื่นที่ผ่าน, bandwidth, และป้องกันชั้นของฟิลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการโครงการพิเศษ

#### 3.1 การวัดสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงที่เหมาะสม

##### 3.1.1 ระบบวัดและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

จากโครงการพิเศษนี้ เราจะศึกษาแหล่งกำเนิดแสง ( Light source ) ในย่านอัลตราไวโอเล็ต (เบอร์ HUVL 370-510)

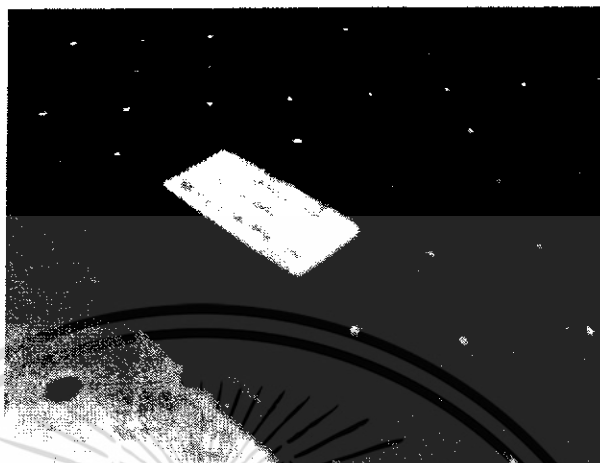
อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดมี ดังนี้

1. แหล่งกำเนิดแสงแบบ LED
2. เครื่องโมโนโครมาเตอร์ ( Monochromator )
3. ตัวรับแสงย่านอัลตราไวโอเล็ต ( UV enhanced photodiodes )
4. Lock - in amplifier
5. ระบบประมวลผลสัญญาณ

##### 3.1.2 วิธีการวัดสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง

เครื่องโมโนโครมาเตอร์เป็นเครื่องมือวิเคราะห์แสงโดยใช้หลักการแยกแสง ซึ่งเราศึกษาแหล่งกำเนิดแสง (Light source) ในย่านอัลตราไวโอเล็ต (UV) และย่านที่ตามองเห็น (Visible) ในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 200-600 นาโนเมตร ซึ่งมีวิธีการวัดสเปกตรัมของแหล่งกำเนิด ดังนี้

นำแหล่งกำเนิดแสงวางไว้หน้าเครื่องโมโนโครมาเตอร์ และนำตัวรับแสง (UV enhanced detector) วางไว้อีกด้านหนึ่งเพื่อรับแสงที่ผ่านออกมาจากเครื่อง โดยแสงที่ถูกตรวจจับออกมานี้จะถูกส่งต่อไปยัง Lock in amplifier เพื่อขยายสัญญาณดังกล่าว และสัญญาณที่ได้นี้จะเข้าสู่ระบบประมวลผลสัญญาณ เพื่อทำการวิเคราะห์ในรูปของกราฟ



รูปที่ 3.3 ลักษณะของ UV- enhanced detector

### 3.2 การวัดค่าการทะลุผ่านของแสงของแว่นตา

#### 3.2.1 ระบบวัดและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

จากโครงการพิเศษดังกล่าว ระบบวัดของแว่นตากันแดดที่ใช้ในการวัดค่าการทะลุผ่านของแสง โดยเราจะใช้เครื่อง UV - VIS Spectrophotometer เป็นตัวตรวจวัด

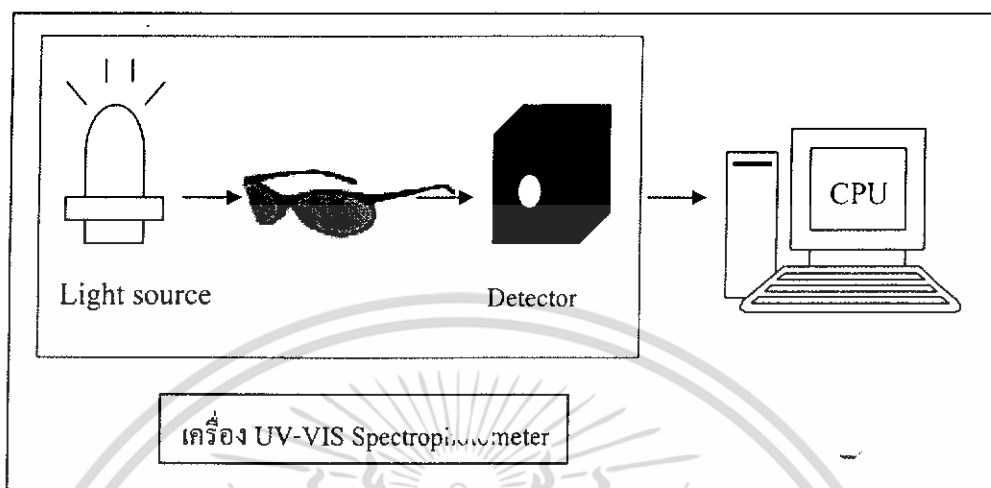
ซึ่งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

1. เครื่อง UV - VIS Spectrophotometer
2. ตัวอย่างแว่นตากันแดด
3. PC โดยใช้โปรแกรม VisionPro

#### 3.2.2 วิธีการวัดค่าการทะลุผ่านของแสงของแว่นตา

นำตัวอย่างของแว่นตากันแดดไปทดสอบในเครื่อง UV- VIS Spectrophotometer ซึ่งเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer เป็นเครื่องมือวิเคราะห์แสงโดยใช้หลักการทะลุผ่าน (Transmittance) ที่อยู่ในย่านอัลตราไวโอเล็ต(UV) ย่านที่ตามองเห็น(Visible) และย่านอินฟราเรด(Infrared) นั่นคือช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190 - 1100 nm

นำตัวอย่างแว่นใส่ในบริเวณที่ใส่สารตัวอย่าง แสงจะผ่านตัวอย่างแว่นออกมายังตัวตรวจวัดแสง(Detector) หลังจากนั้นเครื่องวัดแสงจะทำการวัดปริมาณแสงที่ออกมา โดยการหักล้างกับปริมาณของแสงก่อน transmittance จากนั้นจะทำการประมวลผลเป็นเส้นสเปกตรัม ซึ่งแสดง



รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมการตรวจสอบประสิทธิภาพแว่นตากันแดด ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

### 3.3 การออกแบบชุดวัดค่าการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของแว่นตากันแดด

#### 3.3.1 การสร้างชุดแหล่งกำเนิดแสง

ในการสร้างชุดแหล่งกำเนิดแสง จะแบ่งแหล่งกำเนิดออกเป็น 2 ย่านคือ ย่าน 370 นาโนเมตรและย่าน 410 นาโนเมตร

-ย่าน 370 นาโนเมตร ซึ่งมีอุปกรณ์ดังนี้

1. หลอด LED เบอร์ HUVL 370-510 มีช่วงการทำงาน 340-400 นาโนเมตร มีจุดฟลักที่ 370 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ในย่าน UVA
2. ตัวต้านทาน 100 โอห์ม
3. แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์

-ย่าน 400 นาโนเมตรมีอุปกรณ์ดังนี้

1. หลอด Blue LED มีช่วงการทำงาน 390-420 นาโนเมตร มีจุดฟลักที่ 410 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ในย่าน visible
2. ฟิลเตอร์ U-400 เพื่อกรองแสงจากหลอด Blue LED ให้อยู่ในย่าน 410 นาโนเมตร
3. ตัวต้านทาน 330 โอห์ม
4. แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์

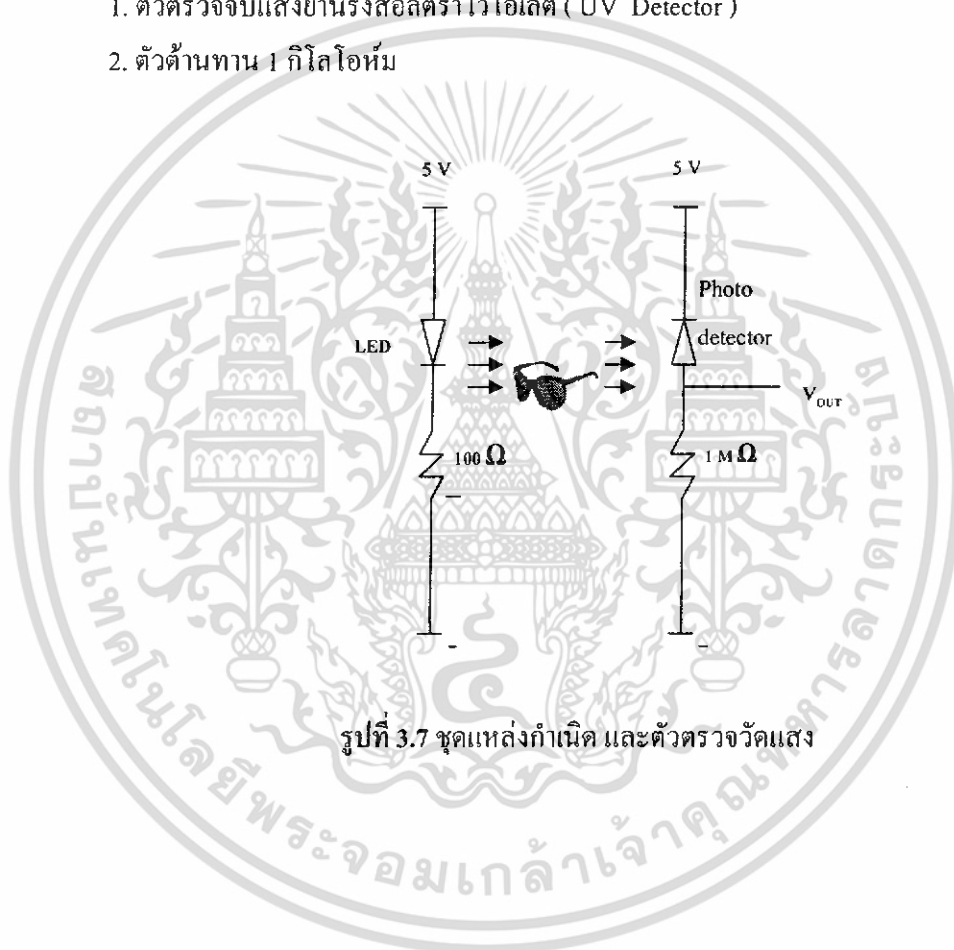
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การสร้างชุดตรวจวัดแสง

ในการสร้างชุดตรวจจับรังสีอัลตราไวโอเล็ตทำได้โดยเลือกใช้ ตัวตรวจวัดแสง แบบ Photodetector เบอร์ BPW 34 B ซึ่งมีสมบัติตรวจจับแสงในย่าน 350 – 1100 นาโนเมตร ซึ่งสามารถรับแสงในช่วง UVA ได้

ซึ่งมีอุปกรณ์ดังนี้

1. ตัวตรวจจับแสงย่านรังสีอัลตราไวโอเล็ต ( UV Detector )
2. ตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม



รูปที่ 3.7 ชุดแหล่งกำเนิด และตัวตรวจวัดแสง

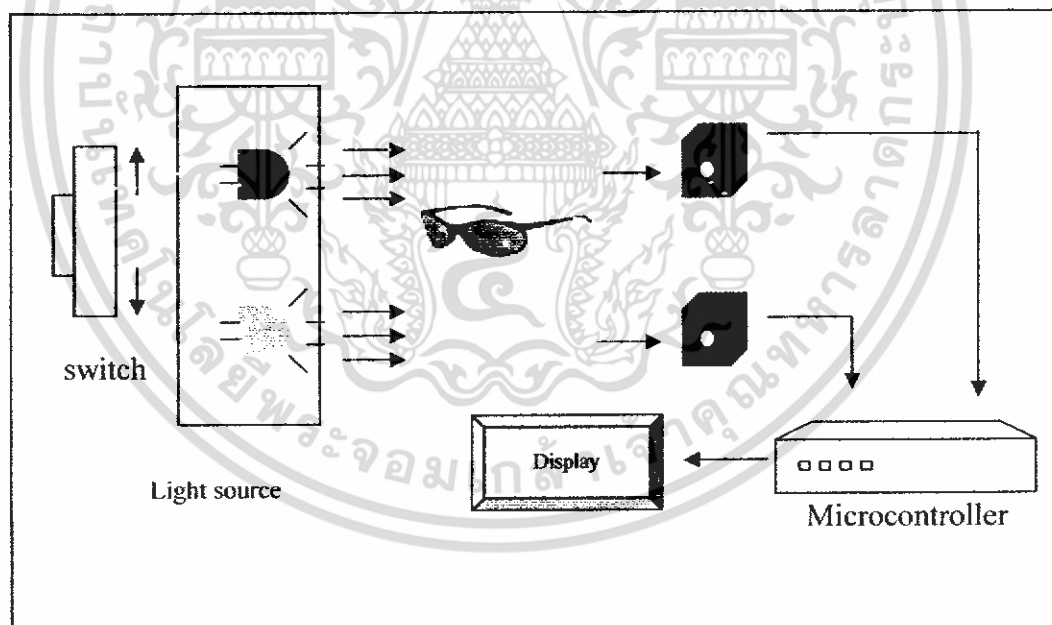
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3 การสร้างชุดวงจรแสดงผล และแสดงระดับของการตรวจวัดแสง

ทำการสร้างชุดแสดงผล โดยใช้วงจรแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิทัล และจอแสดงผล เป็นตัวแสดงเปอร์เซ็นต์การทะลุของแสงเมื่อผ่านตัวอย่างแว่นตากันแดด

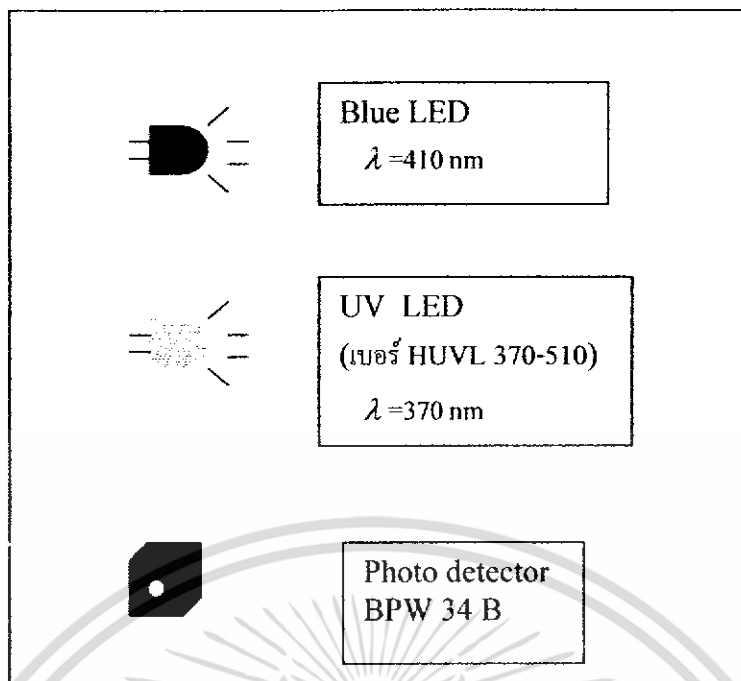
### 3.4 การหาค่าการทะลุผ่านจากชุดทดลอง

เมื่อจ่ายกระแสไฟ 5 โวลต์ เข้าแหล่งกำเนิดแสงแบบ LED จากนั้นทำการเลือกแหล่งกำเนิดแสงคือ แหล่งกำเนิดแสงในย่าน อัลตราไวโอเล็ต และแหล่งกำเนิดแสงในย่านการมองเห็น จากนั้นแสงจะเข้าสู่ตัวตรวจวัดแสงในแหล่งกำเนิดแสงในย่านที่เราเลือก ทำการวัด 2 ครั้ง ครั้งแรกทำการวัดเพื่อเป็นค่ามาตรฐานของแสงในบริเวณดังกล่าว ในครั้งที่สองเพื่อทำการหาค่าการทะลุผ่านของแว่นตากันแดด นำค่าที่ได้ไปเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าที่ได้ เพื่อแสดงผลสู่จอแสดงผล ต่อไป

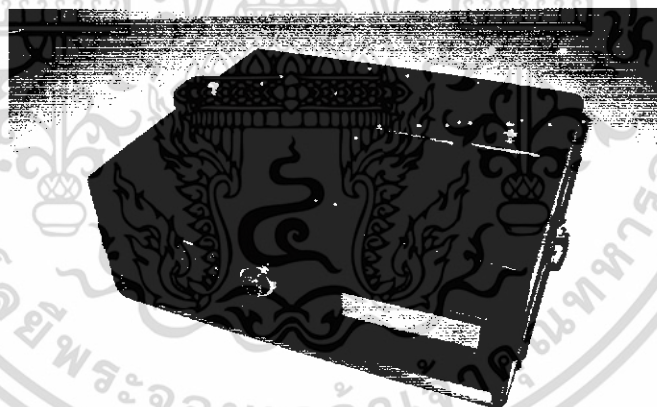


รูปที่ 3.8 โค้ดโปรแกรมการตรวจสอบประสิทธิภาพแว่นตากันแดด จากชุดทดลอง  
วงจรแสดงผล และระดับของการตรวจวัดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 สมบัติของแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจวัดแสงที่เลือกใช้

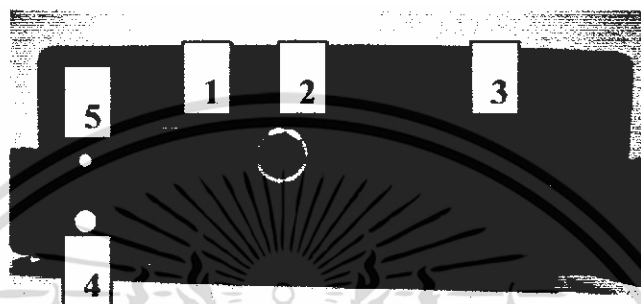


รูปที่ 3.10 เครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ส่วนประกอบและวิธีใช้งานของเครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต ของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น

#### 3.5.1 ส่วนประกอบของเครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต ของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 3.11 ด้านหน้าเครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต  
ของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 3.12 ภายในเครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต  
ของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12 อธิบายส่วนประกอบของเครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น

หมายเลข 1 คือ สวิตช์เลือกย่านแหล่งกำเนิดแสงที่ต้องการตรวจสอบ

หมายเลข 2 คือ ปุ่มสัญญาณอ้างอิง

หมายเลข 3 คือ หน้าจอแสดงผล

หมายเลข 4 คือ เด้ยียบแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์

หมายเลข 5 คือ ปุ่มรีเซ็ตเครื่อง

หมายเลข 6 คือ แหล่งกำเนิดแสง UV LED

หมายเลข 7 คือ แหล่งกำเนิดแสง Blue LED และฟิลเตอร์ U - 400

หมายเลข 8,9 คือ ตัวตรวจวัดแสง

### 3.5.2 วิธีใช้งานของเครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น

1. จ่ายไฟแก่ชุดเครื่องมือ
2. เลือกแหล่งกำเนิดแสงที่ต้องการวัด ซึ่งในที่นี้มี 2 ย่าน คือ
  - ความยาวคลื่น 360 นาโนเมตร
  - ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร
3. กดปุ่ม REF. เพื่อรับค่าอ้างอิง ค่าที่ได้จะแสดงผลทางหน้าจอ
4. เปิดฝา นำแว่นที่ต้องการวัดวางระหว่าง แหล่งกำเนิดแสงกับตัวตรวจวัดแสง จากนั้นผลจะแสดงออกทางหน้าจอ

หากต้องการวัดแว่นตาอันต่อไป สามารถวัดได้ตามข้อ 4. แต่ถ้าต้องการเปลี่ยนย่านที่ต้องการวัด ต้องนำออกแว่นจากเครื่องก่อน แล้วจึงทำตามข้อ 3. และข้อ 4.

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผล

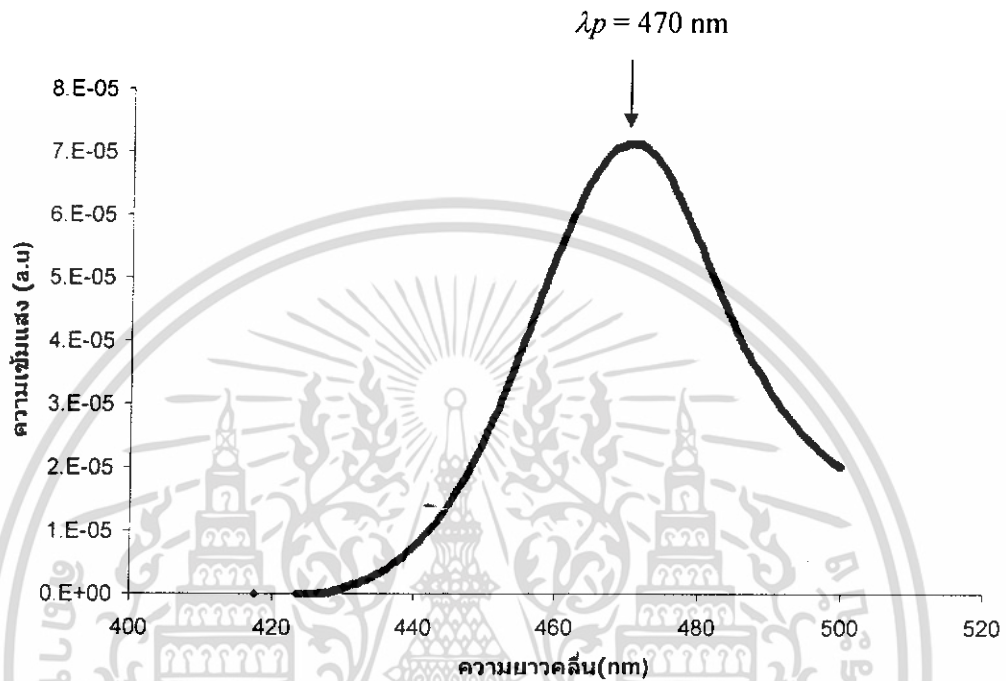
#### 4.1 ผลการศึกษาสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงที่เลือกใช้ในโครงการพิเศษ

การศึกษาสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงที่เลือกใช้ในโครงการพิเศษดังกล่าวเพื่อหาแหล่งกำเนิดแสงที่เหมาะสม ในการใช้เป็นตัวทดสอบ จึงทำการเลือกแหล่งกำเนิดแสง 2 ชนิดคือ แหล่งกำเนิดแสงในย่านการมองเห็นและย่านอัลตราไวโอเล็ต เนื่องจากย่านของรังสีอัลตราไวโอเล็ตมีความยาวคลื่นในช่วงการมองเห็นเล็กน้อย

การศึกษาค้นคว้าตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงในย่านการมองเห็นได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง(LED) ชนิด super white และ แหล่งกำเนิดแสง (LED) ชนิดblue ส่วนแหล่งกำเนิดแสงในย่านอัลตราไวโอเล็ตจะทำการศึกษา แหล่งกำเนิดแสงในย่านอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งผลการศึกษาแหล่งกำเนิดแสงดังกล่าวมีผลดังต่อไปนี้

##### 4.1.1 ผลการศึกษาสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง Super white LED

จากการศึกษาสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง LED ชนิด super white พบว่ามีค่าความยาวคลื่นสูงสุดที่ 470 นาโนเมตร ซึ่งมีค่ามากเกินความยาวคลื่นมากที่สุดของรังสีอัลตราไวโอเล็ต กล่าวคือไม่มีความยาวคลื่นในช่วงที่ต้องการจึงไม่เหมาะในการใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง แสดงดังรูปที่ 4.1

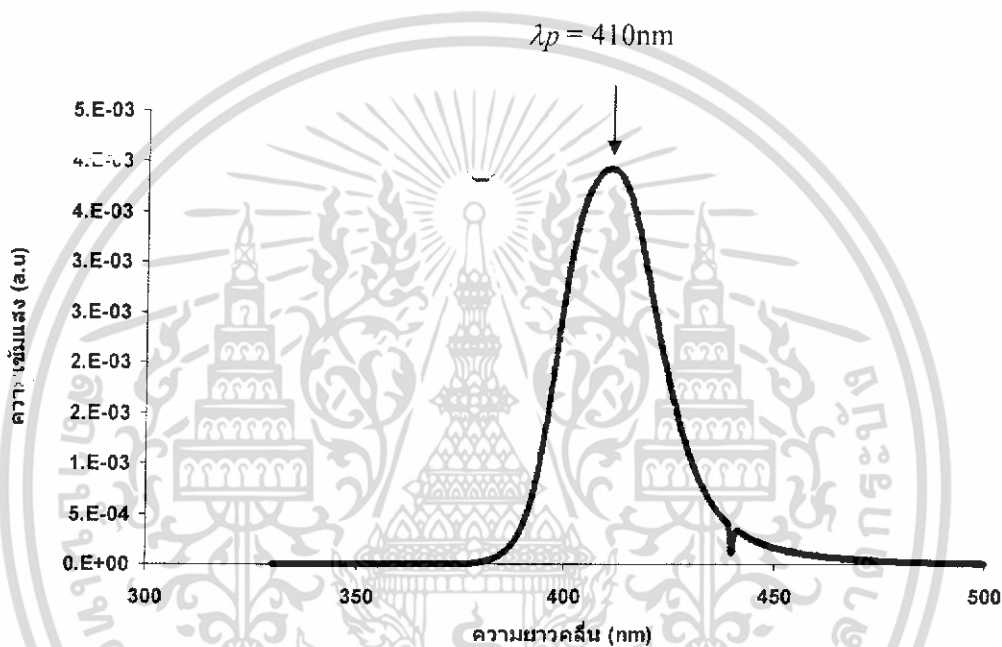


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับ ความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสง Super white LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 ผลการศึกษาสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง Blue LED

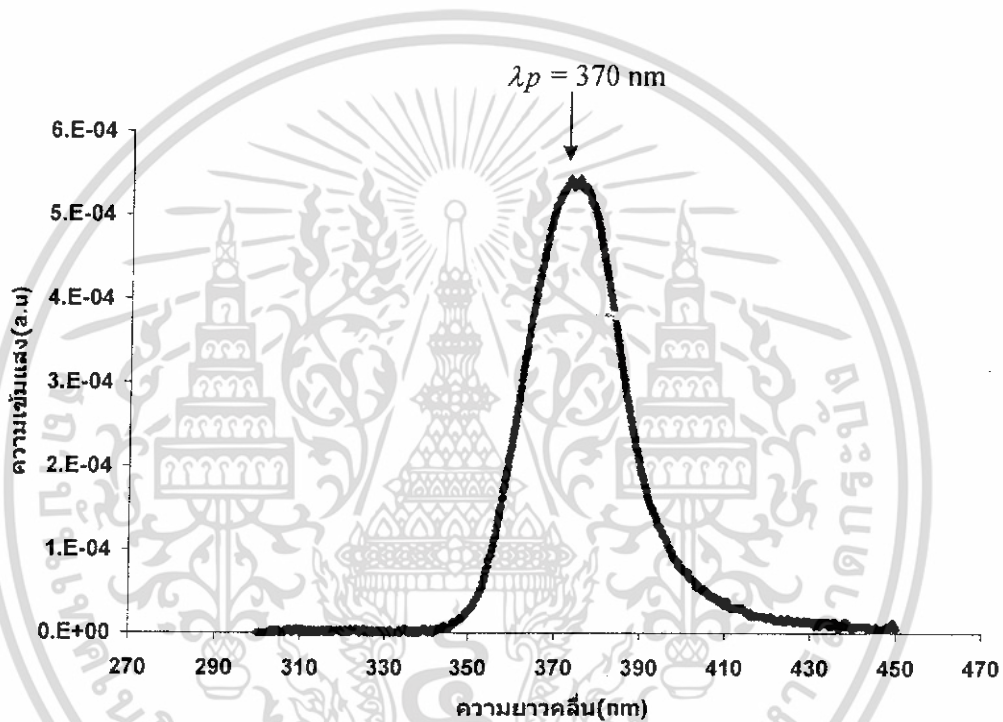
จากการศึกษาสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง LED ชนิด super white พบว่ามีค่าความยาวคลื่นสูงสุดที่ 410 นาโนเมตร ซึ่งมีค่าที่อยู่ในช่วงที่ต้องการ เนื่องจากเป็นบริเวณที่ความยาวคลื่นมากที่สุดของรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UVA) กล่าวคือมีความยาวคลื่นในช่วงที่ต้องการจึงเหมาะแก่การใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสง Blue LED

#### 4.1.3 ผลการศึกษาสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง UV LED

ผลจากการศึกษาสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงแบบ UV LED พบว่ามีค่าความยาวคลื่นสูงสุดที่ 370 นาโนเมตรซึ่งมีค่าความยาวคลื่นครอบคลุมรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วง UV-A ซึ่งช่วงที่สนใจในการศึกษาในโครงการพิเศษนี้ กล่าวคือมีความยาวคลื่นในช่วงที่ต้องการจึงเหมาะในการใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง แสดงดังรูปที่ 4.1



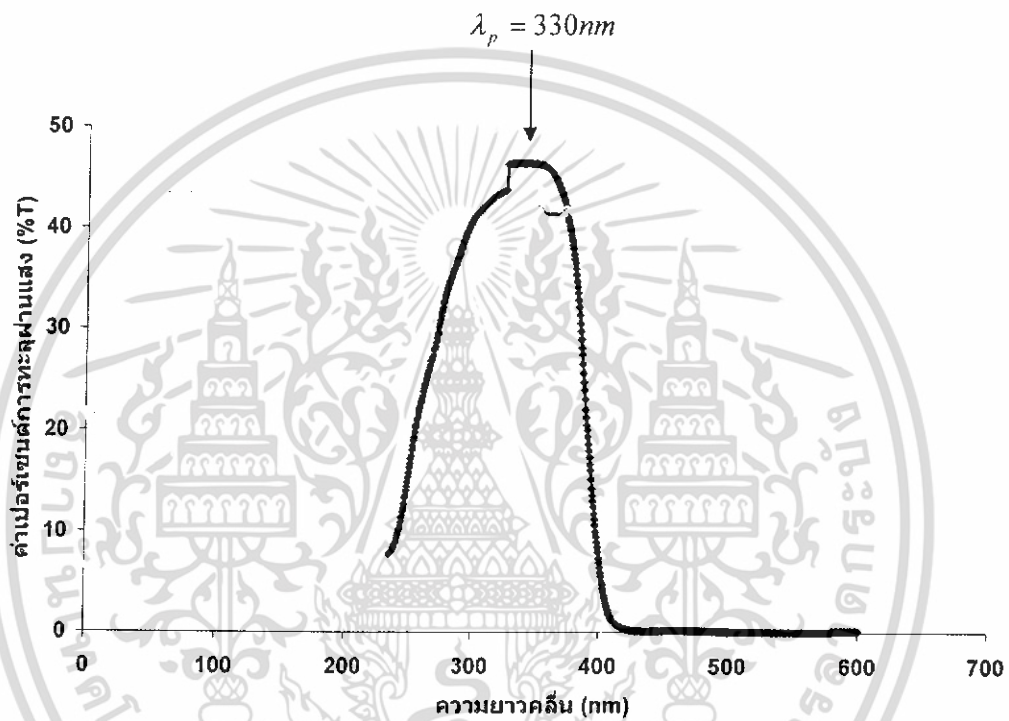
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นกับความเข้มแสง ของแหล่งกำเนิดแสง UV LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2 ผลการศึกษาการวัดสเปกตรัมของสมบัติของฟิลเตอร์

การศึกษาค่าการวัดสเปกตรัมของสมบัติของฟิลเตอร์ เพื่อช่วยให้ค่าความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงที่เราใช้นั้นมีค่าอยู่ในช่วงที่ต้องการ โดยการศึกษาได้ผลดังนี้

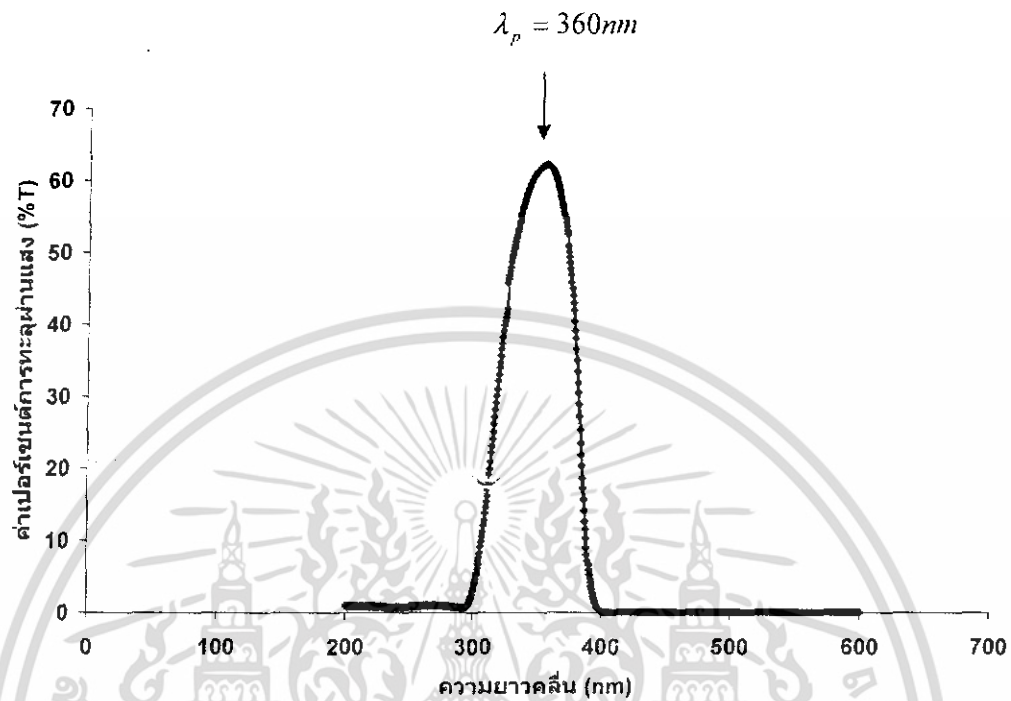
##### 4.2.1 ฟิลเตอร์ ชนิด U – 330



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง(%T)ของฟิลเตอร์ ชนิด U – 330

จากรูปที่ 4.4 พบว่าค่าแบนด์วิธมีค่ากว้าง ประมาณ 250-400 นาโนเมตร ซึ่งให้ค่าสูงสุดที่ความยาวคลื่น 330 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงของความยาวคลื่นในย่าน UV A ซึ่งเหมาะสมในการใช้งานในการกรองแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่เราเลือกใช้ภายในย่าน UV A

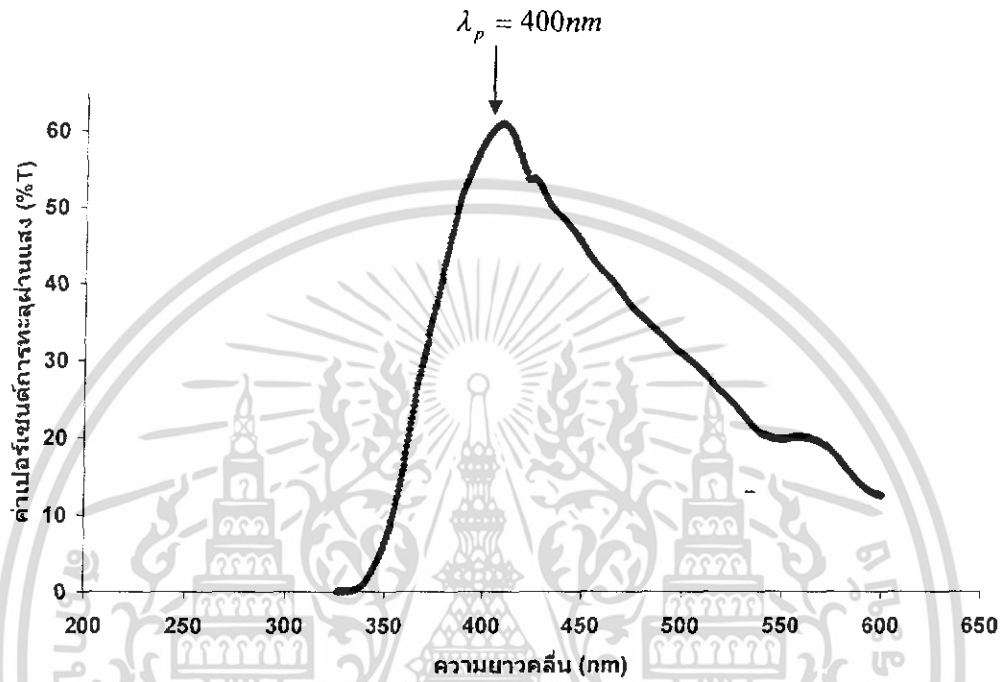
#### 4.2.2 ฟิลเตอร์ ชนิด U – 360



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง (%T) ของฟิลเตอร์ ชนิด U – 360

จากรูปที่ 4.5 พบว่าค่าแบนด์วิธมีค่าค่อนข้างแคบ ซึ่งมีค่าประมาณ 300-400 นาโนเมตร ซึ่งให้ค่าสูงสุดที่ความยาวคลื่น 360 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงของความยาวคลื่นในย่าน UV A ซึ่งเหมาะสมในการใช้งานในการกรองแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่เราเลือกใช้ในย่าน UV A มากกว่าฟิลเตอร์ U-330 เนื่องจากให้ค่าแบนด์วิธแคบกว่า จึงทำให้ได้ลำแสงออกมาที่ย่าน UV ดีกว่า

## 4.2.3 ฟิลเตอร์ ชนิด U-400



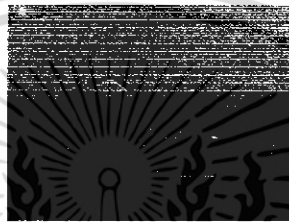
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง (%T) ของฟิลเตอร์ ชนิด U-400

จากรูปที่ 4.6 พบว่าฟิลเตอร์มีค่าความยาวคลื่นประมาณ 380-700 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงของความยาวคลื่นในย่าน Visible ซึ่งเหมาะสมในการใช้งานในการกรองแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่เลือกใช้ในย่าน Visible

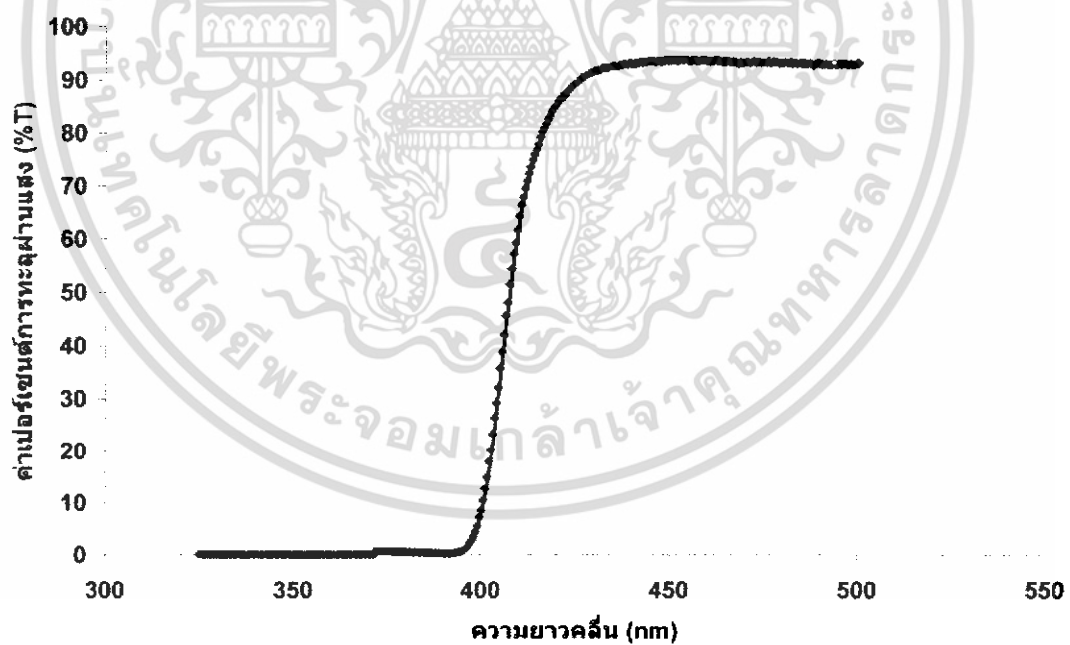
### 4.3 ผลการศึกษาการวัดค่าการทะลุผ่านของตัวอย่างแว่นตากันแดดด้วยเครื่อง UV – Vis Spectrophotometer

#### 4.3.1 ตัวอย่างแว่นสายตา

##### 4.3.1.1 ตัวอย่างแว่นสายตาเคลือบสารป้องกันแสงเพื่อลดการสะท้อนแสง



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างแว่นสายตาเคลือบสารป้องกันแสงเพื่อลดการสะท้อนแสง



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง

(%T) ของตัวอย่างแว่นสายตา 4.3.1.2 ตัวอย่างแว่นสายตาไม่ได้เคลือบสารป้องกัน

แสงเพื่อลดการสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

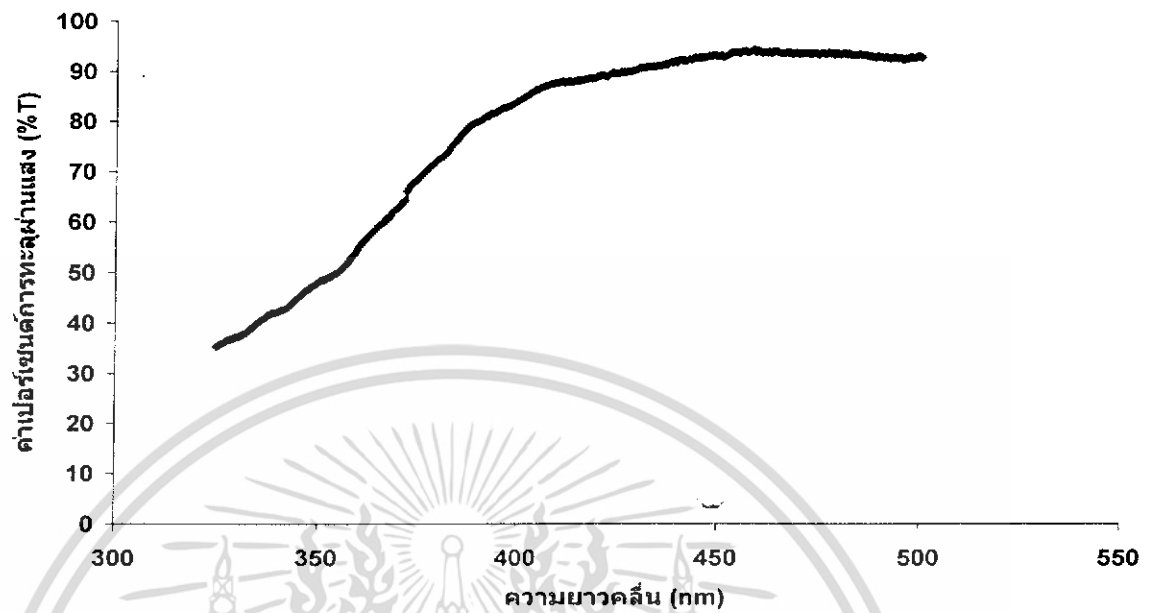
จากรูปที่ 4.8 แวนสายตาเคลือบสารป้องกันแสงเพื่อลดการสะท้อนแสงจะยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 400 นาโนเมตร ขึ้นไปผ่านได้เกือบ 100 % ในขณะที่แสงในย่านอัลตราไวโอเล็ตไม่สามารถทะลุผ่านได้

#### 4.3.1.2 ตัวอย่างแวนสายตาที่ไม่ได้เคลือบสารป้องกันแสงเพื่อลดการสะท้อนแสง



รูปที่ 4.9 ตัวอย่างแวนสายตาที่ไม่ได้เคลือบสารป้องกันแสงเพื่อลดการสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

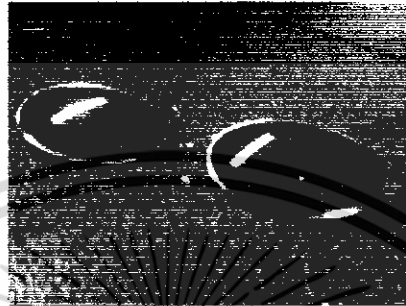


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง(%T)ของตัวอย่างแวนสายคาไมได้เคลือบสารป้องกันแสงเพื่อลดการสะท้อนแสง

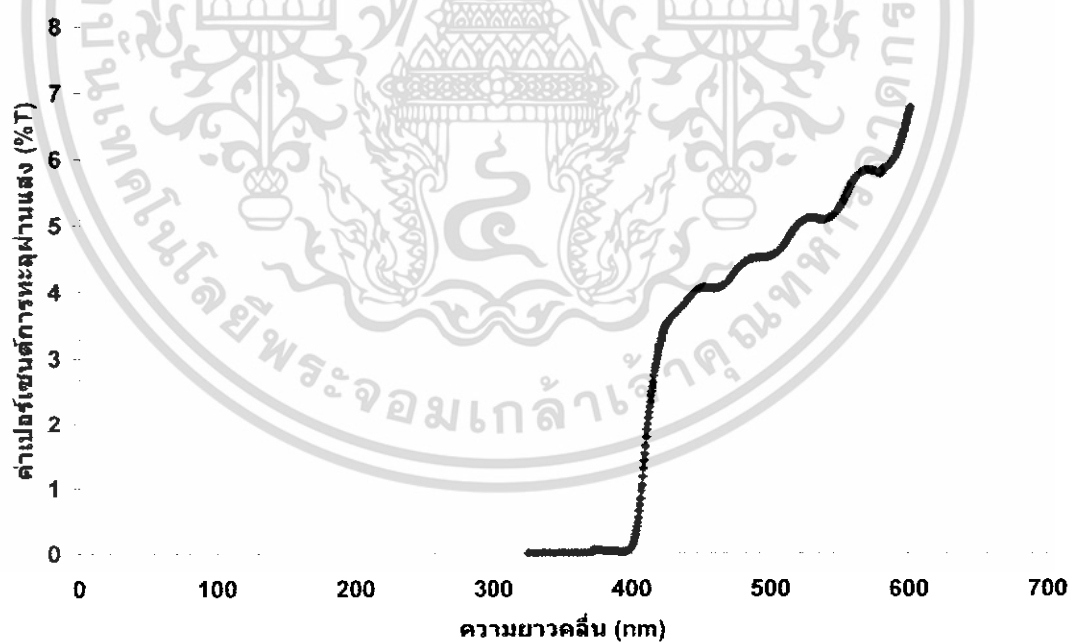
จากรูปที่ 4.10 แวนสายคาไมได้เคลือบสารป้องกันแสงเพื่อลดการสะท้อนแสงจะยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 400 นาโนเมตร ขึ้นไปผ่านได้เกือบ 100 % ในขณะที่แสงในย่านอัลตราไวโอเล็ตสามารถทะลุผ่านได้ประมาณ 40 %

### 4.3.2 ตัวอย่างแว่นตากันแดด

#### 4.3.2.1 ตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างที่ 1



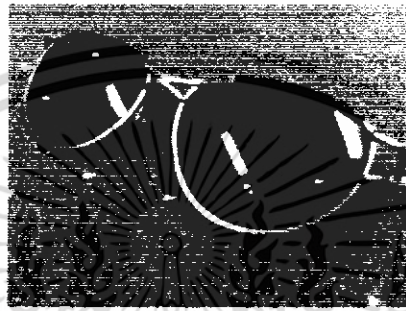
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่าน

แสง(%T)ของตัวอย่างที่ 1

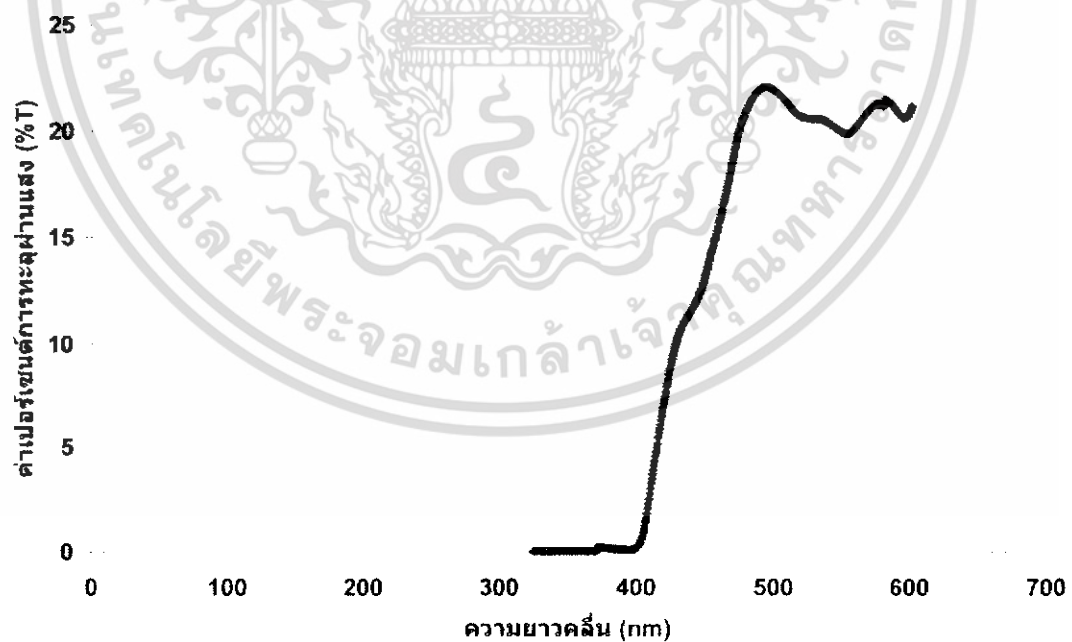
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.12 แว่นตากันแดดตัวอย่างที่ 1 จะยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 400 นาโนเมตร ขึ้นไปผ่านได้เพียง 5 - 8 % ในขณะที่แสงในย่านอัลตราไวโอเล็ตไม่สามารถทะลุผ่านได้

#### 4.3.2.2 ตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 4.13 ตัวอย่างที่ 2

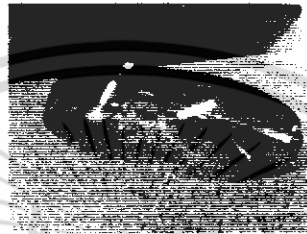


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง (%T) ของตัวอย่างที่ 2

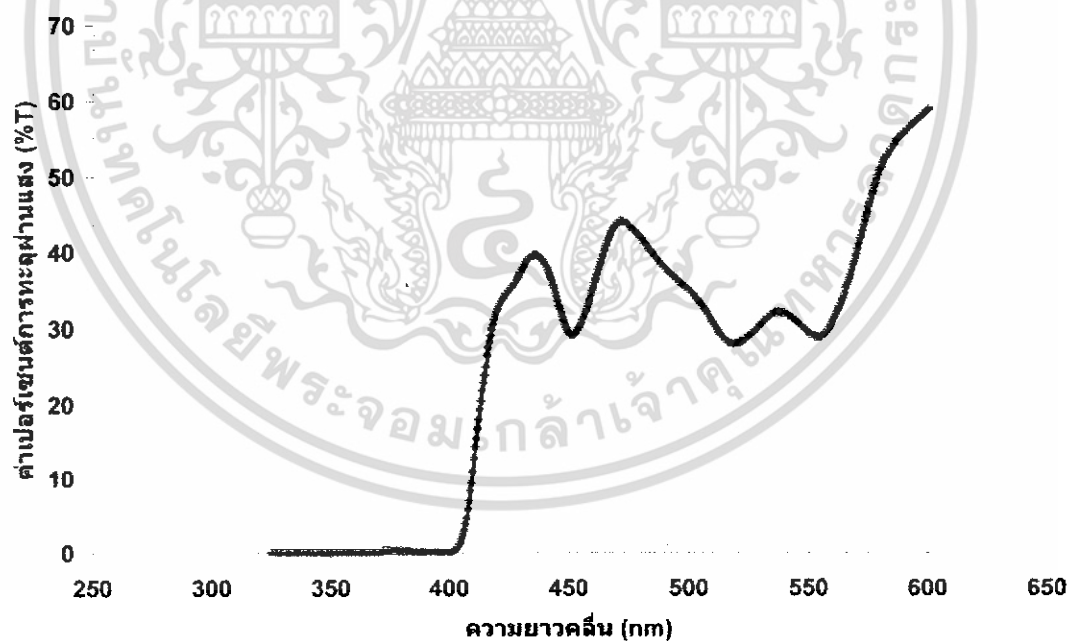
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.14 แวนตาเกินแคดตัวอย่างที่ 2 จะยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 400 นาโนเมตร ขึ้นไปผ่านได้เพียง 25 % ในขณะที่แสงในย่านอัลตราไวโอเล็ตไม่สามารถทะลุผ่านได้

#### 4.3.2.3 ตัวอย่างที่ 3



รูปที่ 4.15 ตัวอย่างที่ 3



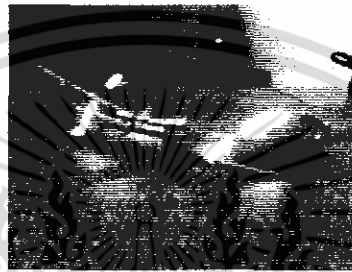
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่าน

แสง(%T) ของตัวอย่างที่ 3

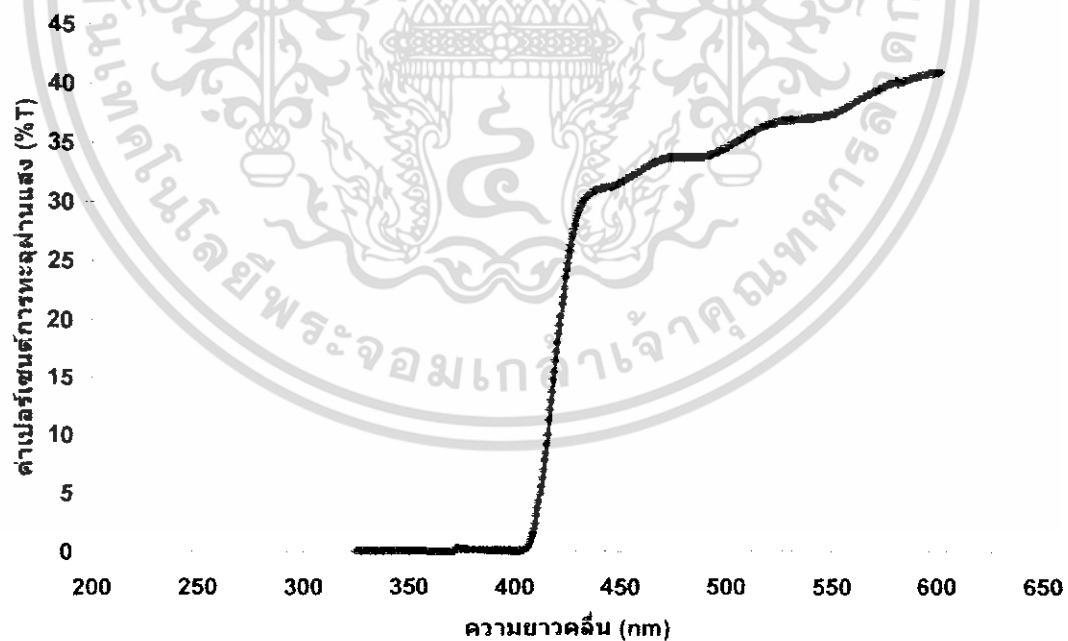
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.16 แว่นตากันแดดตัวอย่างที่ 3 จะยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 400 นาโนเมตร ขึ้นไปผ่านได้ประมาณ 40 – 50 % ในขณะที่แสงในย่านอัลตราไวโอเล็ตไม่สามารถทะลุผ่านได้

#### 4.3.2.4 ตัวอย่างที่ 4



รูปที่ 4.17 ตัวอย่างที่ 4



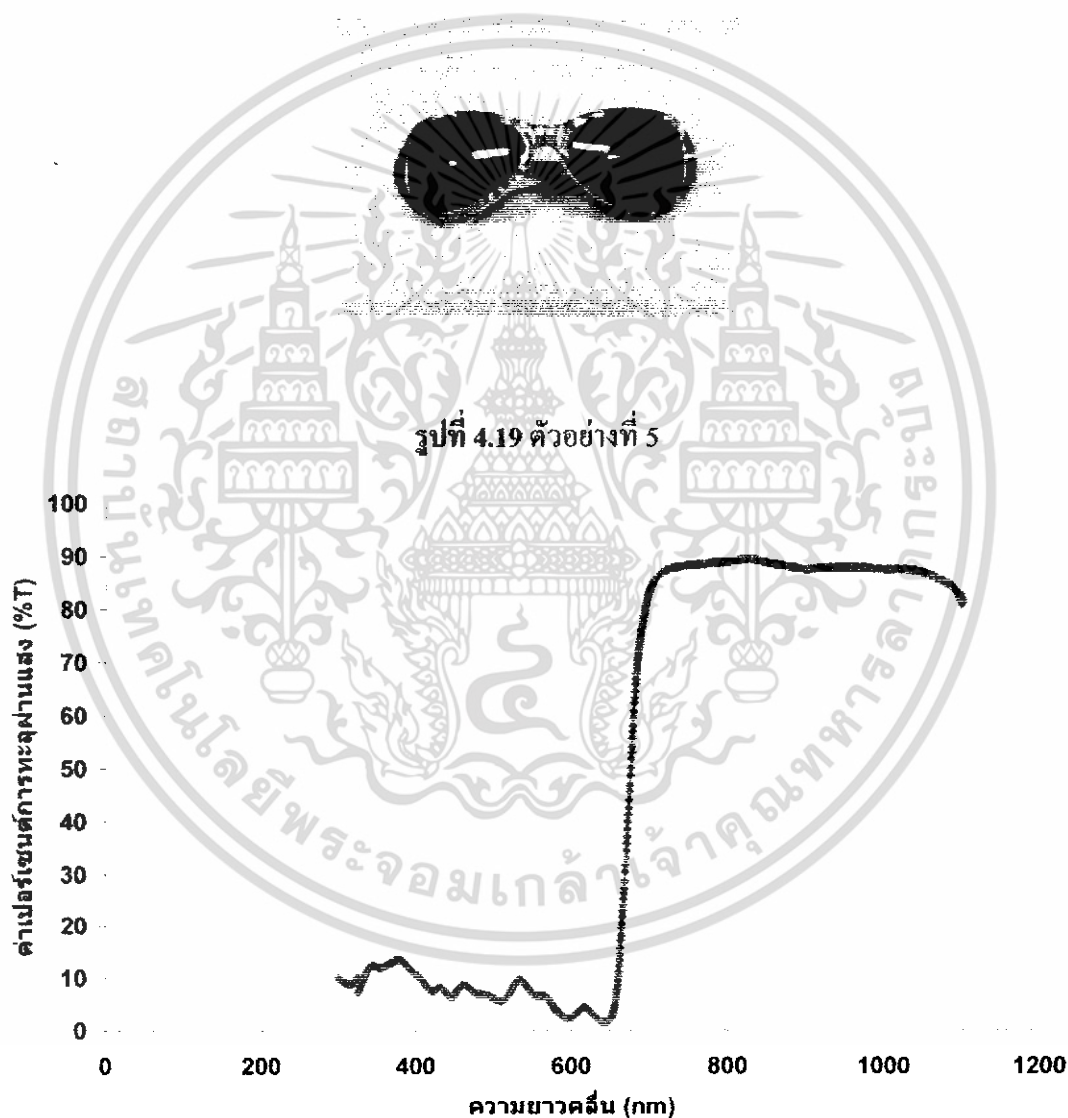
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง (%T)

#### ของตัวอย่างที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.18 แว่นตากันแดดตัวอย่างที่ 4 จะยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 400 นาโนเมตร ขึ้นไปผ่านได้ประมาณ 35 - 45 % ในขณะที่แสงในย่านอัลตราไวโอเล็ตไม่สามารถทะลุผ่านได้

#### 4.3.2.5 ตัวอย่างที่ 5



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านแสง(%T)

ของตัวอย่างที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.20 แว่นตากันแดดตัวอย่างที่ 5 จะไม่ยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 400 นาโนเมตรถึง 650 นาโนเมตร และแสงในย่านอัลตราไวโอเล็ตไม่สามารถทะลุผ่านได้เช่นกัน

#### 4.4 สรุปผลการศึกษาแว่นตาโดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer

##### - ตัวอย่างแว่นสายตา

พบว่าตัวอย่างของแว่นสายตาที่เคลือบสารป้องกันแสง สามารถป้องกันรังสีในย่านอัลตราไวโอเล็ตได้ แต่ในขณะที่เดียวกันแว่นสายตาที่ไม่ได้เคลือบสารป้องกันแสง จะไม่สามารถป้องกันรังสีในย่านอัลตราไวโอเล็ตได้

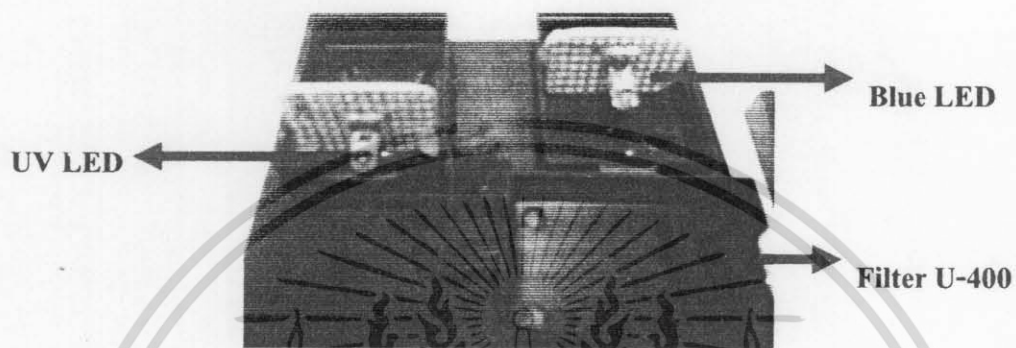
##### - ตัวอย่างแว่นตากันแดด

พบว่าสีของแว่นมีผลต่อการป้องกัน โดยสีที่สามารถป้องกันได้ดีที่สุดคือ เลนส์สีดำแต่แสงย่านตั้งแต่ 400 นาโนเมตรก่อนข้างผ่านได้น้อย สำหรับแว่นตัวอย่างที่ 3 นั้นมีสีแดงสามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้และยังให้แสงตั้งแต่ย่าน 400 นาโนเมตรผ่านได้ด้วย จึงทำให้เราเห็นว่าเลนส์ใส

จากการทดลองของตัวอย่างดังกล่าว สามารถกล่าวได้ว่าแว่นสายตาค่าการทะลุผ่านของแสงในย่านการมองเห็นได้ค่อนข้างสูงถึงเกือบ 100 % แต่สามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ ส่วนตัวอย่างแว่นตากันแดดทั้ง 5 ตัวอย่างในย่านของการมองเห็นนั้นจะสามารถป้องกันได้บ้างบางส่วนและยังสามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ ทั้งนี้จากค่ามาตรฐานสากลที่ใช้ค่าการทะลุผ่านจะไม่เกิน40%

#### 4.5 เครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตของแว่นตากันแดดที่พัฒนาขึ้น

##### 4.5.1 แหล่งกำเนิดแสงชนิด BLUE LED และชนิด UV LED



รูปที่ 4.21 แหล่งกำเนิดแสงชนิด Blue LED และชนิด UV LED

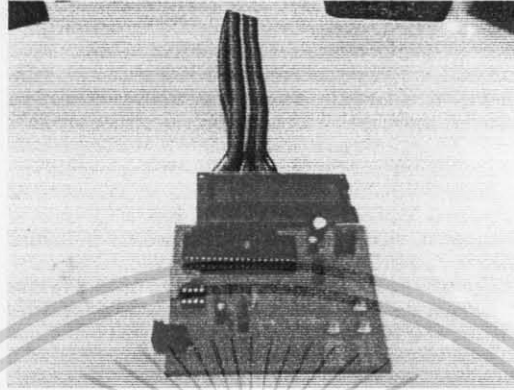
##### 4.5.2 ตัวตรวจวัดแสงจากชนิด BLUE LED และชนิด UV LED



รูปที่ 4.22 ตัวตรวจวัดแสงจาก Blue LED และ UV LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5.3 วงจรรับค่าและแสดงผลจากตัวตรวจวัดแสงจาก LED ชนิด Blue LED และชนิด UV LED



รูปที่ 4.23 วงจรรับค่าและแสดงผลจากตัวตรวจวัดแสงจาก แหล่งกำเนิดแสงชนิด Blue LED และชนิด UV LED

#### 4.5.4 รูปเครื่องมือที่ทำการทดลอง



รูปที่ 4.24 เครื่องมือที่ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6 ผลการทดลองการวัดค่าการทะลุผ่านโดยใช้เครื่องทดสอบที่พัฒนาขึ้น

4.6.1 เมื่อแหล่งกำเนิดแสงเป็นแหล่งกำเนิดแสงแบบ UV LED จากการทดลองสามารถวัดเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านได้ดังนี้






ตารางที่ 4.1 แสดงถึงผลการทดลองเมื่อใช้แหล่งกำเนิดแสง UV LED

แว่นตากันแดด	สัญญาณอ้างอิง (Volt)	สัญญาณ ตรวจสอบ (Volt)	%T
	0.45	0.14	31.11
	0.45	0.01	2.22
	0.45	0.04	8.89
	0.45	0.02	4.44
	0.45	0.05	11.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 เมื่อแหล่งกำเนิดแสงเป็นแหล่งกำเนิดแสงแบบ Blue LED จากการทดลองสามารถวัดเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านได้ดังนี้






ตารางที่ 4.2 แสดงถึงผลการทดลองเมื่อใช้แหล่งกำเนิดแสง Blue LED

แว่นตากันแดด	สัญญาณอ้างอิง (Volt)	สัญญาณ ตรวจสอบ (Volt)	%T
	0.6	0.53	88.33
	0.6	0.46	76.67
	0.6	0.44	73.33
	0.6	0.44	73.33
	0.6	0.44	97.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3 เปรียบเทียบ %T ระหว่างเครื่องทดสอบที่พัฒนาขึ้น กับเครื่อง UV-Vis spectrophotometer โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่น 370 นาโนเมตร






ตารางที่ 4.3 แสดงผลการเปรียบเทียบเครื่องทดสอบที่พัฒนาขึ้น กับเครื่อง UV-Vis spectrophotometer

ตัวอย่างแว่นตา	%Tของชุดทดลอง	%Tเครื่อง UV-Vis
	65	62.907
	0-3	0.001
	0-3	0.011
	10-14	12.501
	52-58	45.218

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.4 เปรียบเทียบ %T ระหว่างเครื่องทดสอบที่พัฒนาขึ้น กับเครื่อง UV-Vis spectrophotometer โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร ผ่านฟิลเตอร์ U -400

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น กับเครื่อง UV-Vis spectrophotometer

ตัวอย่างแว่นตา	%Tของชุดทดลอง	%Tเครื่อง UV-Vis
	99	87.536
	98	64.397
	11	4.983
	56	21.679
	45	66.015

จากผลการทดลอง เปรอ์เซ็นต์การทะลุผ่านเมื่อใช้แหล่งกำเนิดแสงในย่าน 370 นาโนเมตร มีค่าน้อยกว่า เปรอ์เซ็นต์การทะลุผ่านแหล่งกำเนิดแสงในย่าน 410 นาโนเมตร แสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากเครื่อง UV-Vis spectrophotometer แล้วจะพบว่า มีเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านที่เป็นแนวโน้มเดียวกันกับเครื่องทดสอบที่พัฒนาขึ้น

ผลการทดลองจากเครื่องทดสอบที่พัฒนาขึ้น และจากเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ไม่สามารถนำมาสอบเทียบกันได้ เพราะแหล่งกำเนิดแสงของเครื่องทดสอบที่พัฒนาขึ้น มีแบนด์วิธกว้าง มีหลายความคลื่น แต่แหล่งกำเนิดแสงจากเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ให้แสงออกมาเพียง 1 ความยาวคลื่นเท่านั้น จึงทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านของเครื่องทดสอบที่พัฒนาขึ้นมีค่ามากกว่าเครื่อง UV-Vis spectrophotometer แสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้เป็นการสรุปผลการทดลอง ที่ทำชุดเครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของแว่นกันแดด เพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลค่าของการทะลุผ่านของแสงในย่านรังสีอัลตราไวโอเล็ต และในย่านที่ตามองเห็น ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวตรวจวัดแสง คุณภาพของแหล่งกำเนิดแสง ระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ แนวทางการพัฒนาใช้ประโยชน์ที่มากขึ้น รวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างทำการทดลอง

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองที่ผ่านมาทำให้เราสามารถประเมินคุณภาพของชุดอุปกรณ์ได้ โดยเราจะแบ่งแหล่งกำเนิดเป็น 2 ส่วน คือ

- 1) แหล่งกำเนิดแสงแบบ UV LED มีความยาวคลื่นอยู่ที่ 370 นาโนเมตร เมื่อเทียบกับแสงแดดแล้วจะอยู่ในย่าน UV A แล้วไบแอสไฟเข้าประมาณ 5 โวลต์ แสงจะวิ่งผ่านและตกลงบนตัวตรวจวัดแสงที่เป็นชนิด blue enhanced ค่านี้จะเป็นค่าอ้างอิงค่าหนึ่ง นั่นคือ  $I_0$  จากนั้นนำแว่นตากันแดดระหว่าง แหล่งกำเนิดกับตัวตรวจวัด จะได้ค่าเป็น  $I$  จากนั้นนำมาเข้าสู่สูตร  $(I/I_0) \times 100\%$  ซึ่งจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์การทะลุผ่านของแสง จากมาตรฐานสากลกล่าวไว้ว่า แว่นตากันแดด ต้องสามารถกันแสง UV A ได้ 60 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้นจึงมีค่าการทะลุผ่านได้ไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลที่ได้จากเครื่องตรวจสอบการป้องกันรังสีนี้ จะสามารถวัดค่าได้เป็นแนวโน้มเดียวกับเครื่อง UV-Vis spectrophotometer
- 2) แหล่งกำเนิดแสงแบบ Violet LED มีความยาวคลื่นอยู่ที่ 410 นาโนเมตรซึ่งอยู่ในย่านที่สายตาสามารถมองเห็น จากนั้นวิธีการทดลองจะเหมือนกับแหล่งกำเนิดแสงแบบ UV LED ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับผลจากเครื่อง UV- Vis spectrophotometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่แสดงผลจากชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer จะพบว่าสีเลนส์มีส่วนเกี่ยวข้องกับการป้องกันรังสี ซึ่งถ้าสีเลนส์ค่อนข้างดำ ก็จะสามารถป้องกันรังสี UV ได้ดี แต่จะไม่ยอมให้แสงตั้งแต่ย่าน 400 นาโนเมตรผ่านได้ สำหรับแว่นตากันแดดที่มีคุณภาพที่ดีต้องป้องกันรังสี UV ได้ดีและยอมให้แสงตั้งแต่ย่าน 400 นาโนเมตรผ่านได้

## 5.2 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองที่ผ่านมาพบปัญหาที่ประสบแบ่งออกเป็นหลายส่วน

- สถานที่ กล้าคือ บริเวณหรือสถานที่ดังกล่าวที่ทำการทดลอง หากมีแสงรบกวนเกิดระหว่างทำการรับค่า ค่าที่ได้จะมีค่าความเข้มแสงจากสิ่งแวดล้อมปนมาด้วย
- ความคลาดเคลื่อนในการวัด คือ การจัดวางอุปกรณ์ นั่นคือ การจัดวางอุปกรณ์ทางแสงต้องให้มีตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้อันเนื่องมาจากเราต้องคาดคะเนลำแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิดมาตกที่ตัวตรวจวัดแสงด้วยสายตา ซึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อนจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนตามไปด้วย
- ชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น ยังมีข้อจำกัดในขนาดของแว่น หากแว่นใหญ่เกินชุดอุปกรณ์ ค่าที่วัดได้จะเป็นค่าที่เกินความจริงเนื่องจากมีแสงจากสิ่งแวดล้อม เข้ามายังตัวตรวจวัดแสง
- แหล่งกำเนิดแสงที่เลือกใช้ในชุดอุปกรณ์ แสงที่เปล่งออกมามีลักษณะเป็นช่วง ซึ่งไม่สามารถระบุความยาวคลื่นของแสงที่เปล่งออกมาได้ ทำให้ผลที่ได้นั้นออกมาเป็นช่วง และมีความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ซึ่งเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นเดียว ทำให้ผลที่ออกมาไม่แม่นยำกว่า
- สามารถพัฒนาให้สามารถใช้ไฟบ้าน หรือแบตเตอรี่เพื่อสะดวกแก่การพกพา

## เอกสารอ้างอิง

[http://www.deqp.go.th/Remote\\_Sensing/html/energy.html](http://www.deqp.go.th/Remote_Sensing/html/energy.html)

[www.elib-online.com/.../eye\\_computer\\_eye2.html](http://www.elib-online.com/.../eye_computer_eye2.html)

[www.topcharoen.co.th/web/expert\\_detail.php?id=30](http://www.topcharoen.co.th/web/expert_detail.php?id=30)

[www.nectec.or.th/.../illumination/vision.html](http://www.nectec.or.th/.../illumination/vision.html)

<http://www.darasart.com/astrovocab/u.html>

[http://www.thaicosderm.org/public-info/sun\\_and\\_skin.html](http://www.thaicosderm.org/public-info/sun_and_skin.html)

<http://www.google.com>

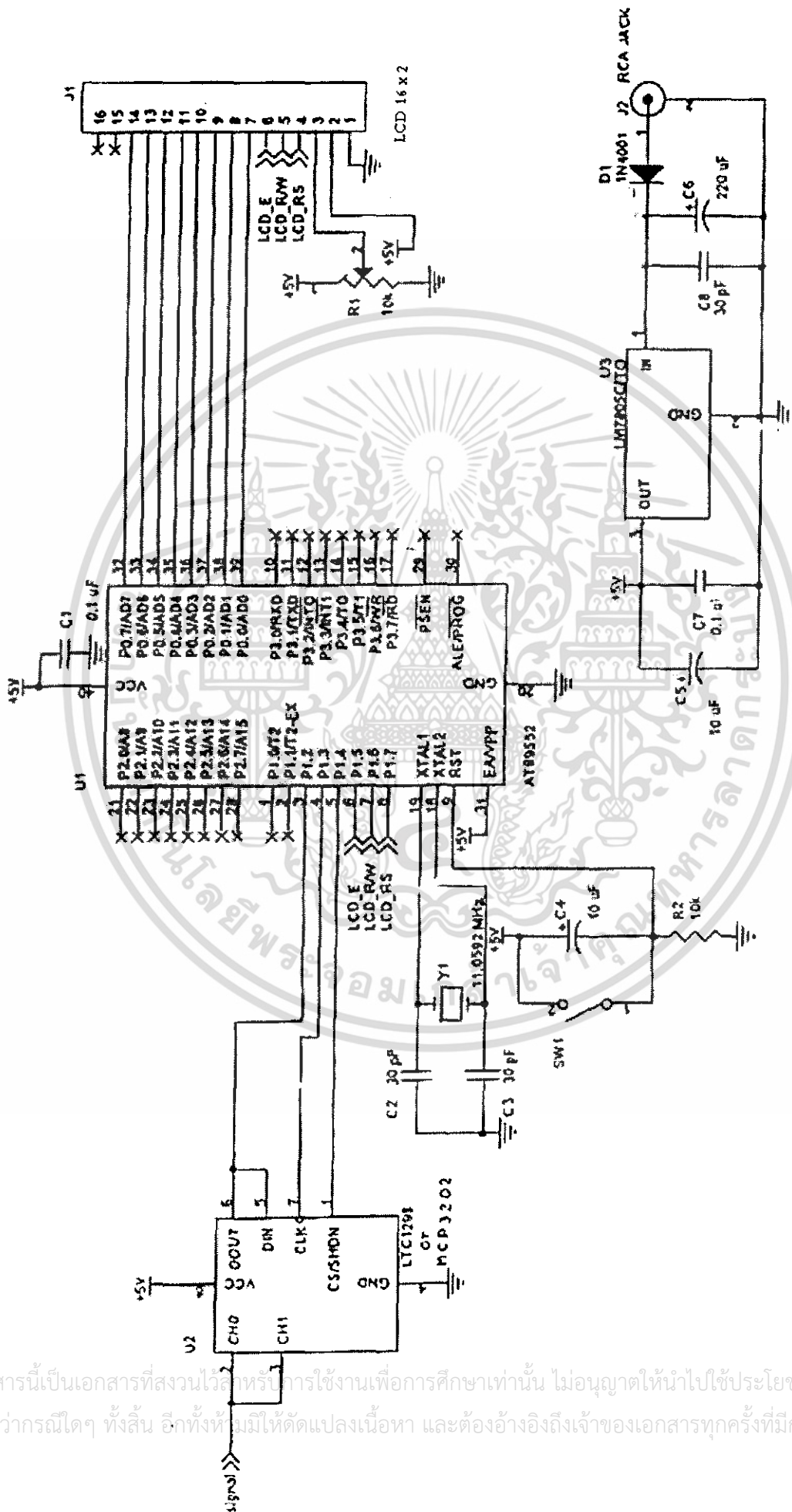


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#pragma code
#include <stdio.h>
#include <reg52.h>

unsigned int Data_out,Data_in,temp;
unsigned int x1,x2,x3,x4,x5;
float volte;

sbit Data = P1^2;
sbit CLK = P1^3;
sbit CS = P1^4;

void delay(unsigned int num) //Function Delay
{
    unsigned int i;
    for(i=0;i<=num;i++)
    {}
}

void CLK_high()
{
    CLK = 1; // CLK = 1;
}

void CLK_low()
{
    CLK = 0; // CLK = 0;
}

void send()
{
    if(Data_in & 0x80)
        Data = 1; // D_line = 1
    else
        Data = 0; // D_line = 0

    Data_in <<= 1;
    CLK_high();
    delay(1);
    CLK_low();
}

void start2()
{
    int a;
    CS = 1; // CS = 1
    Data_in = 0xD0;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLK_low();
CS = 0;    // CS = 0
for(a=0;a<4;a++)
{
    send();
}
}

void receive()
{
    int c;
    for(c=0;c<13;c++)
    {
        delay(1);
        Data_out<<= 1;

        if(Data==1)
            temp = 1;    // D_line = 1
        else
            temp = 0;    // D_line = 0

        Data_out = Data_out + temp;
        CLK_high();
        delay(1);
        CLK_low();
    }
    CS = 1;    // CS = 1
}

int A2D()
{
    start2();
    receive();
    Data_out &= 0x0FFF;
    return(Data_out);
}

/*int low_pass_filter()
{
    x5 = x4;
    x4 = x3;
    x3 = x2;
    x2 = x1;
    x1 = A2D();
    return((x1+x2+x3+x4+x5)/5);
} */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <reg52.h>
#include <stdio.h>
#include "A2D_jjj.h"
#include "lcd_jjj.h"

char buffer[16];
int ref,trans;
float pers;

void ext0() interrupt 0
{
    delay(100);
    ref = A2D();
}

void main()
{
    init_lcd();
    IE = 0x81;
    ref = A2D();
    while(1)
    {
        trans = A2D();
        pers = (100.0*trans)/(ref);
        // if(pers>100) pers = 100;
        sprintf(buffer,"%%T = %0.0f ",pers);
        w_command(0x80);
        send_string(buffer);

        if(pers<41) sprintf(buffer,"Pass ");
        else sprintf(buffer,"No pass");
        w_command(0xC0);
        send_string(buffer);

        // w_command(0xC0+20);
        // sprintf(buffer,"trans = %d ",trans);
        // send_string(buffer);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include<reg52.h>
#include<stdio.h>
```

```
sbit RED = P3^2;
sbit IR = P1^1;
sbit Data = P1^2;
sbit CLK = P1^3;
sbit CS = P1^4;
sbit E =P1^5;
sbit RW=P1^6;
sbit RS=P1^7;
```

```
char buffer[20];
char cputick;
int x1,x2;
```

```
int read_ADC(char n)
{
```

```
    int k;
    char i,channel;
    k=0;
```

```
    CS=0;
```

```
    if(n==0) channel= 0x0d;
    else channel= 0x0f;
```

```
// send config nibble dummy read NULL bit after config nibble
```

```
for(i=0; i<4; i++)
```

```
{
```

```
    CLK = 0;
```

```
    if(channel&8) Data = 1;
```

```
    else Data = 0;
```

```
    CLK = 1;
```

```
    channel <<=1;
```

```
}
```

```
Data = 1; // enable internal pullup
```

```
CLK = 0;
```

```
// now read 12-bit data
```

```
for(i=0; i<12; i++)
```

```
{
```

```
    k<<=1;
```

```
    CLK = 1;
```

```
    CLK = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        if(Data k !=1;
        else k &= ~1;
    }

    CS = 1; // shutdown ADC
    return k&=0xffff;
}

void timer0int (void) interrupt 1 using 1
{
    TH0 |= 0xDC;
    TL0 |= 0x00;
    cputick++;
}

void pause(int j)
{
    int i;
    for (i=0;i<j;i++)
        continue;
}

void pulesE(void)
{
    E = 1;
    ;
    E = 0;
}

void delay(int m)
{
    int j;
    for(j=0;j<=m;j++)
        continue;
}

LCDWI (char n)
{
    RW =0;
    RS=0;
    E =0;
    P0=n;
    E =1;
    E =0;
    pause(50);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

LCDWD(char n)
{
    RW=0;
    RS=1;
    E=0;
    P0=n;
    E=1;
    E=0;
    pause(50);
}

print_LCD(char a,char *s)
{
    LCDWI(a);
    while(*s != 0)
        LCDWD(*s++);
}

i_LCD()
{
    RS=0;
    E=0;
    P0=0x30;pulesE();delay(10);pulesE();delay(1);pulesE();delay(1);
    P0=0x20;pulesE();pulesE();pulesE();
    LCDWI(0x38);
    LCDWI(0x0c);
    LCDWI(0x06);
    LCDWI(1);
    delay(50);
}

void print_ADC()
{
    float a;
    x2=x1;
    x1=read_ADC(0);
    a=(x2/x1)*100;
    sprintf(buffer,"%3.2");
}

void main()
{
    EA = 1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ET0 = 1;  
RED = 0;  
IR = 1;  
TMOD |= 0x01;  
TR0 = 1;
```

```
cputick=0;  
i_LCD();
```

```
while(1)  
{  
    while(!cputick)  
        continue;  
    cputick = 0;  
    print_ADC();  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# HUVL370-510

## Ultraviolet LED



### ■ Features

Ultraviolet Light Emitting Diode 370nm  
5mm Diameter Clear Epoxy Package  
Beam Angle  $\theta_{1/2}$  TYP.  $\pm 10^\circ$

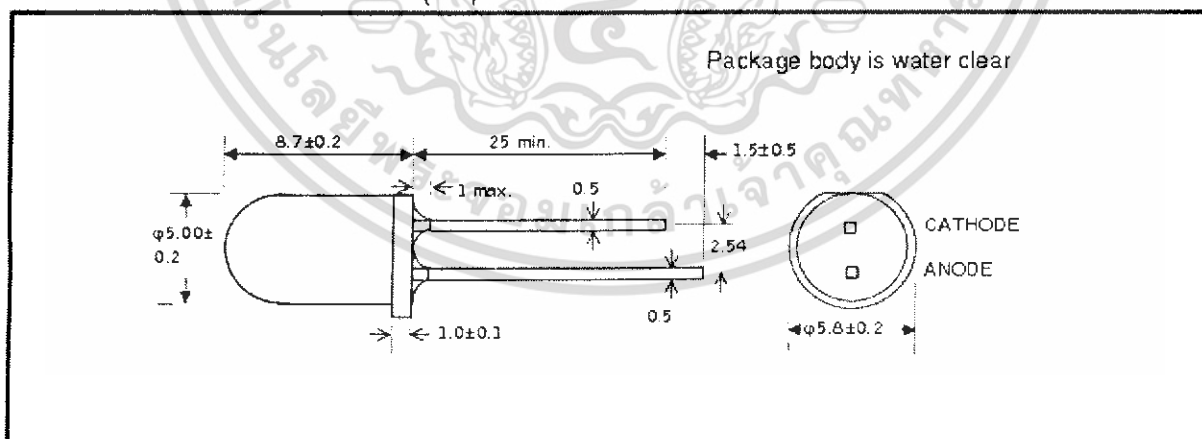
### ■ Absolute Maximum Ratings ( $T_s = 25^\circ\text{C}$ )

Parameter	Symbol	Rated Value	Unit
Pulsed forward current ( $t \leq 10\text{ms}$ ) Duty cycle 1/10	$I_P$	100	mA
Forward current	$I_{FM}$	30	mA
Reverse voltage	$V_{RM}$	5	V
Operating temperature	$T_{opr}$	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Storage temperature	$T_{stg}$	-40 to +100	$^\circ\text{C}$

### ■ Electro-Optical Characteristics ( $T_s = 25^\circ\text{C}$ )

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Output power	$P_o$	$I_F = 20\text{ mA}$	1.2	1.5		mW
Forward voltage	$V_F$	$I_F = 20\text{ mA}$		3.6	4.0	V
Reverse current	$I_R$	$V_R = 5\text{ V}$			10	$\mu\text{A}$
Peak emission wavelength	$\lambda_p$	$I_F = 20\text{ mA}$	370		380	nm
Spectral bandwidth	$\Delta\lambda$	$I_F = 20\text{ mA}$		20		nm
Half intensity angle	$\theta_{1/2}$	$I_F = 20\text{ mA}$		$\pm 10$		degree

### ■ Outline Dimensions (mm)



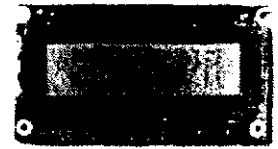
HERO ELECTRONICS LIMITED, DUNSTABLE STREET, AMPHILL, BEDFORDSHIRE, MK45 2JS, ENGLAND

TEL: 01525 405015

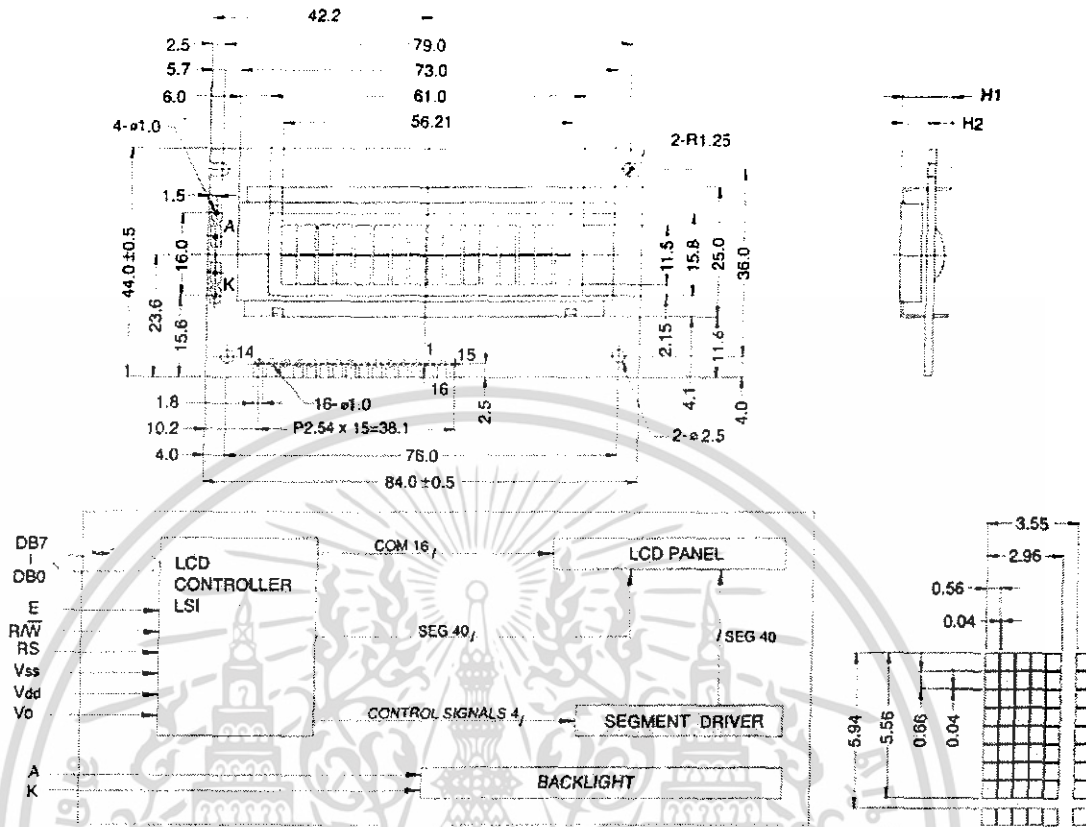
Email: sales@hero-led.co.uk

FAX: 01525 402383

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



OUTLINE DIMENSION & BLOCK DIAGRAM



The tolerance unless classified  $\pm 0.3\text{mm}$

MECHANICAL SPECIFICATION			
Overall Size	84.0 x 44.0	Module	H2 / H1
View Area	61.0 x 15.8	W/O B/L	5.1 / 9.2
Dot Size	0.56 x 0.66	EL B/L	5.1 / 9.2
Dot Pitch	0.60 x 0.70	LED B/L	9.4 / 14.0

PIN ASSIGNMENT		
Pin no.	Symbol	Function
1	Vss	Power supply(GND)
2	Vdd	Power supply(+)
3	Vo	Contrast Adjust
4	RS	Register select signal
5	R/W	Data read / write
6	E	Enable signal
7	DB0	Data bus line
8	DB1	Data bus line
9	DB2	Data bus line
10	DB3	Data bus line
11	DB4	Data bus line
12	DB5	Data bus line
13	DB6	Data bus line
14	DB7	Data bus line
15	A	Power supply for LED B/L (+)
16	K	Power supply for LED B/L (-)

ABSOLUTE MAXIMUM RATING					
Item	Symbol	Condition	Min.	Max.	Units
Supply for logic voltage	Vdd-Vss	25°C	-0.3	7	V
LCD driving supply voltage	Vdd-Vee	25°C	-0.3	13	V
Input voltage	Vin	25°C	-0.3	Vdd+0.3	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS									
Item	Symbol	Condition	Min.	Typical	Max.	Units			
Power supply voltage	Vdd-Vss	25°C	2.7	-	5.5	V			
		Top	N	W	N	W	N	W	V
		-20°C	-	7.1	-	7.5	-	7.9	V
		0°C	4.5	-	5.1	-	5.5	-	V
		25°C	4.1	6.1	4.7	6.4	4.9	6.7	V
LCD operation voltage	Vop	50°C	3.8	-	4.4	-	4.6	V	
		70°C	-	5.7	-	6	-	6.3	V
LCM current consumption (No B/L)	Idd	Vdd=5V	-	2	3	mA			
Backlight current consumption	LED/edge	VB/L=4.2V	-	40	-	mA			
	LED/array	VB/L=4.2V	-	120	-	mA			

REMARK

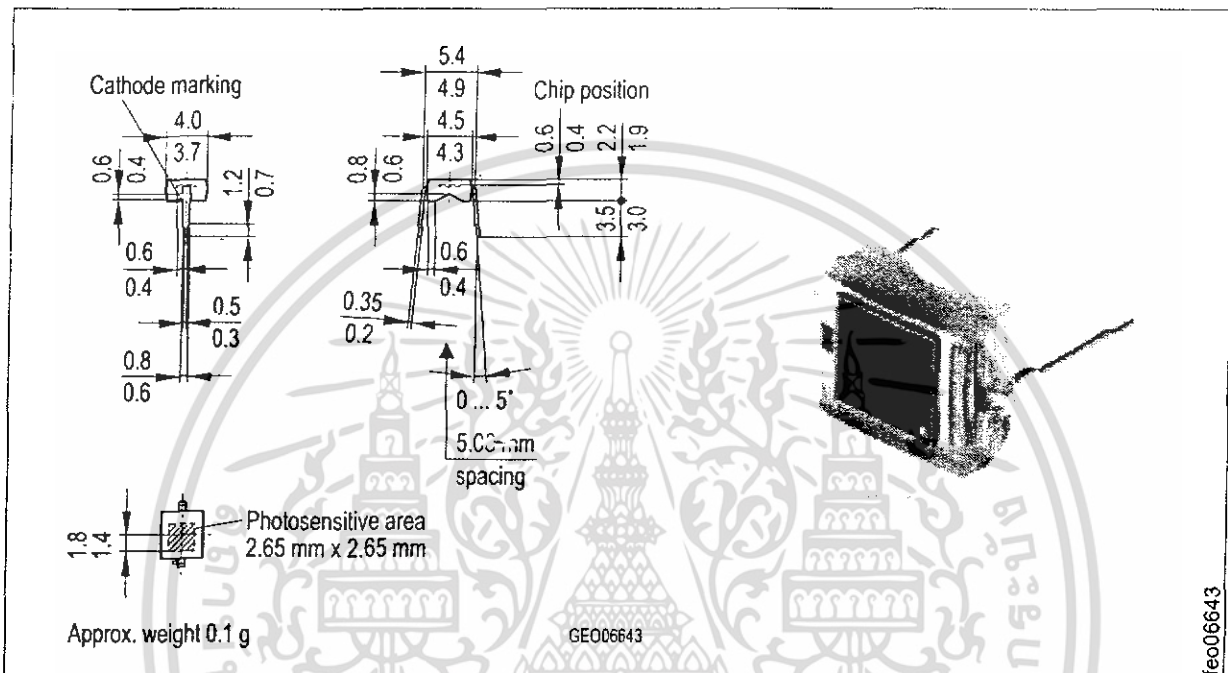
LCD option: STN, TN, FSTN

Backlight Option: LED, EL Backlight feature, other Specs not available on catalog is under request.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการโฆษณาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Silizium-PIN-Fotodiode mit erhöhter Blauempfindlichkeit Silicon PIN Photodiode with Enhanced Blue Sensitivity

BPW 34 B



Maße in mm, wenn nicht anders angegeben/Dimensions in mm, unless otherwise specified

### Wesentliche Merkmale

- Speziell geeignet für Anwendungen im Bereich von 350 nm bis 1100 nm
- Kurze Schaltzeit (typ. 25 ns)
- DIL-Plastikbauform mit hoher Packungsdichte
- SMT-Variante auf Anfrage

### Anwendungen

- Lichtschranken für Gleich- und Wechsellichtbetrieb im sichtbaren Lichtbereich
- Industrieelektronik
- "Messen/Steuern/Regeln"

### Features

- Especially suitable for applications from 350 nm to 1100 nm
- Short switching time (typ. 25 ns)
- DIL plastic package with high packing density
- SMT version on request

### Applications

- Photointerrupters
- Industrial electronics
- For control and drive circuits

Typ Type	Bestellnummer Ordering Code
BPW 34 B	Q62702-P945

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
Semicon Juster Group

## Grenzwerte Maximum Ratings

Bezeichnung Description	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Betriebs- und Lagertemperatur Operating and storage temperature range	$T_{op}; T_{stg}$	- 40 ... + 85	°C
Löttemperatur (Lötstelle 2 mm vom Gehäuse entfernt bei Lötzeit $t \leq 3$ s) Soldering temperature in 2 mm distance from case bottom ( $t \leq 3$ s)	$T_s$	230	°C
Sperrspannung Reverse voltage	$V_R$	32	V
Verlustleistung, $T_A = 25$ °C Total power dissipation	$P_{tot}$	150	mW

## Kennwerte ( $T_A = 25$ °C, Normlicht A, $T = 2856$ K) Characteristics ( $T_A = 25$ °C, standard light A, $T = 2856$ K)

Bezeichnung Description	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Fotoempfindlichkeit, $V_R = 5$ V Spectral sensitivity	$S$	75	nA/lx
Wellenlänge der max. Fotoempfindlichkeit Wavelength of max. sensitivity	$\lambda_{Smax}$	850	nm
Spektraler Bereich der Fotoempfindlichkeit $S = 10$ % von $S_{max}$ Spectral range of sensitivity $S = 10$ % of $S_{max}$	$\lambda$	350 ... 1100	nm
Bestrahlungsempfindliche Fläche Radiant sensitive area	$A$	7.45	mm <sup>2</sup>
Abmessung der bestrahlungsempfindlichen Fläche Dimensions of radiant sensitive area	$L \times B$ $L \times W$	2.73 × 2.73	mm × mm
Abstand Chipoberfläche zu Gehäuseoberfläche Distance chip front to case surface	$H$	0.5	mm
Halbwinkel Half angle	$\varphi$	± 60	Grad deg.
Dunkelstrom, $V_R = 10$ V Dark current	$I_{dR}$	2 ( $\leq 30$ )	nA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
Semiconductor Group

Kennwerte ( $T_A = 25\text{ °C}$ , Normlicht A,  $T = 2856\text{ K}$ )Characteristics ( $T_A = 25\text{ °C}$ , standard light A,  $T = 2856\text{ K}$ ) (cont'd)

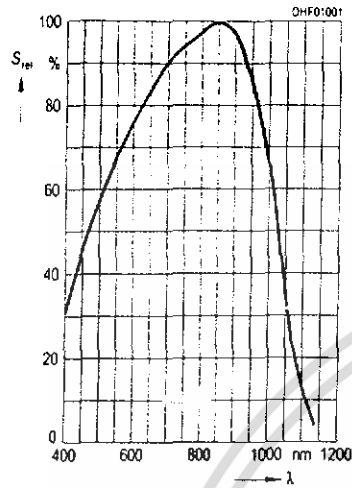
Bezeichnung Description	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Spektrale Fotoempfindlichkeit, $\lambda = 400\text{ nm}$ Spectral sensitivity	$S_\lambda$	0.2	A/W
Quantenausbeute, $\lambda = 400\text{ nm}$ Quantum yield	$\eta$	0.62	Electrons Photon
Leerlaufspannung, $E_v = 1000\text{ lx}$ Open-circuit voltage	$V_o$	390	mV
Kurzschlußstrom Short-circuit current $E_e = 0.5\text{ mW/cm}^2$ , $\lambda = 400\text{ nm}$	$I_{sc}$	7.4 ( $\geq 5.4$ )	$\mu\text{A}$
Anstiegs- und Abfallzeit des Fotostromes Rise and fall time of the photocurrent $R_L = 50\ \Omega$ ; $V_R = 5\text{ V}$ ; $\lambda = 850\text{ nm}$ ; $I_p = 800\ \mu\text{A}$	$t_r, t_f$	25	ns
Durchlaßspannung, $I_F = 100\text{ mA}$ , $E = 0$ Forward voltage	$V_F$	1.3	V
Kapazität, $V_R = 0\text{ V}$ , $f = 1\text{ MHz}$ , $E = 0$ Capacitance	$C_o$	72	pF
Temperaturkoeffizient von $V_o$ Temperature coefficient of $V_o$	$TC_V$	-2.6	mV/K
Temperaturkoeffizient von $I_{sc}$ Temperature coefficient of $I_{sc}$	$TC_I$	0.18	%/K
Rauschäquivalente Strahlungsleistung Noise equivalent power $V_R = 10\text{ V}$ , $\lambda = 400\text{ nm}$	$NEP$	$1.3 \times 10^{-13}$	$\frac{\text{W}}{\sqrt{\text{Hz}}}$
Nachweisgrenze, $V_R = 10\text{ V}$ , $\lambda = 400\text{ nm}$ Detection limit	$D^*$	$2.1 \times 10^{12}$	$\frac{\text{cm} \cdot \sqrt{\text{Hz}}}{\text{W}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

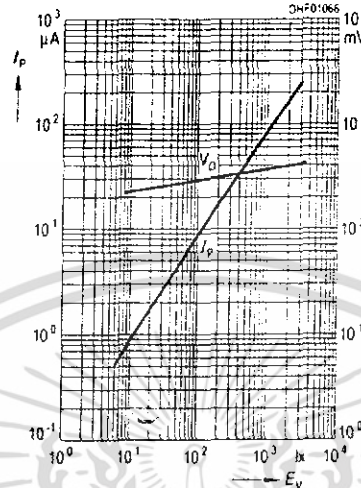
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Relative spectral sensitivity

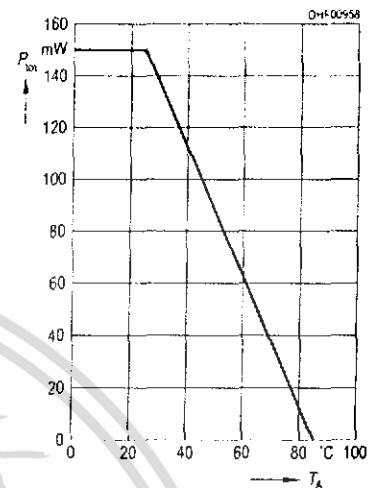
$S_{rel} = f(\lambda)$



Photocurrent  $I_P = f(E_V), I_R = 5 V$   
Open-circuit voltage  $V_O = f(E_V)$

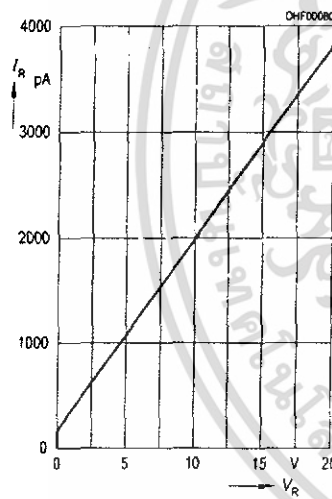


Total power dissipation  $P_{tot} = f(T_A)$



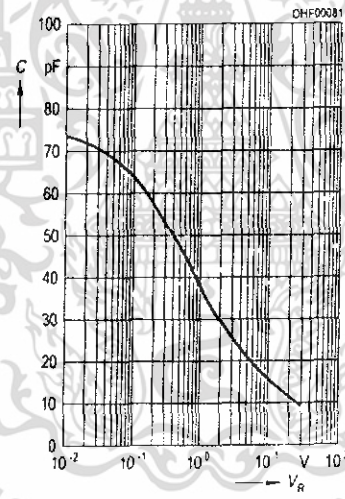
Dark current

$I_R = f(V_R), E = 0$



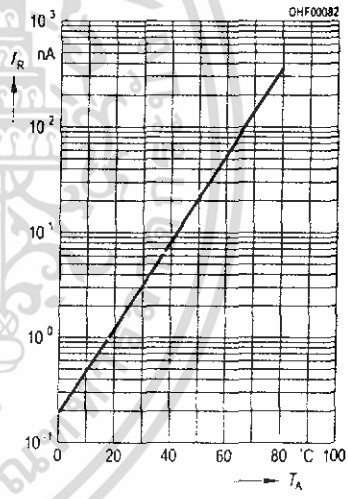
Capacitance

$C = f(V_R), f = 1 MHz, E = 0$

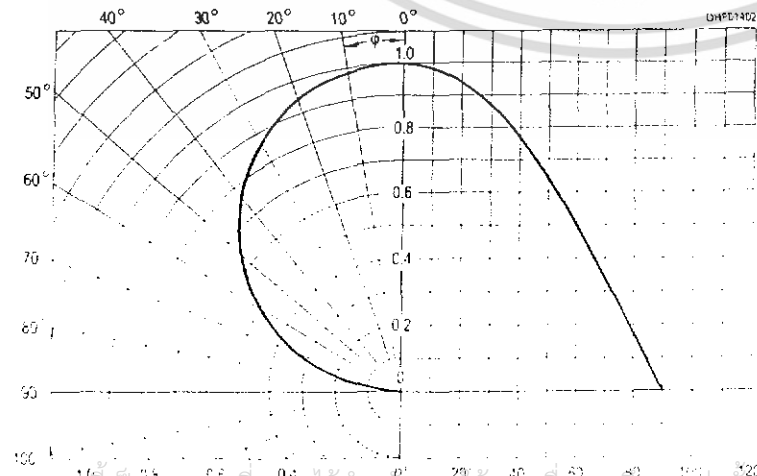


Dark current

$I_R = f(T_A), V_R = 5 V, E = 0$



Directional characteristics  $S_{rel} = f(\phi)$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Features

- Compatible with MCS-51<sup>®</sup> Products
- 8K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
  - Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 4.0V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Eight Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag

## Description

The AT89S52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 8K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 8051 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with in-system programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S52 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S52 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.



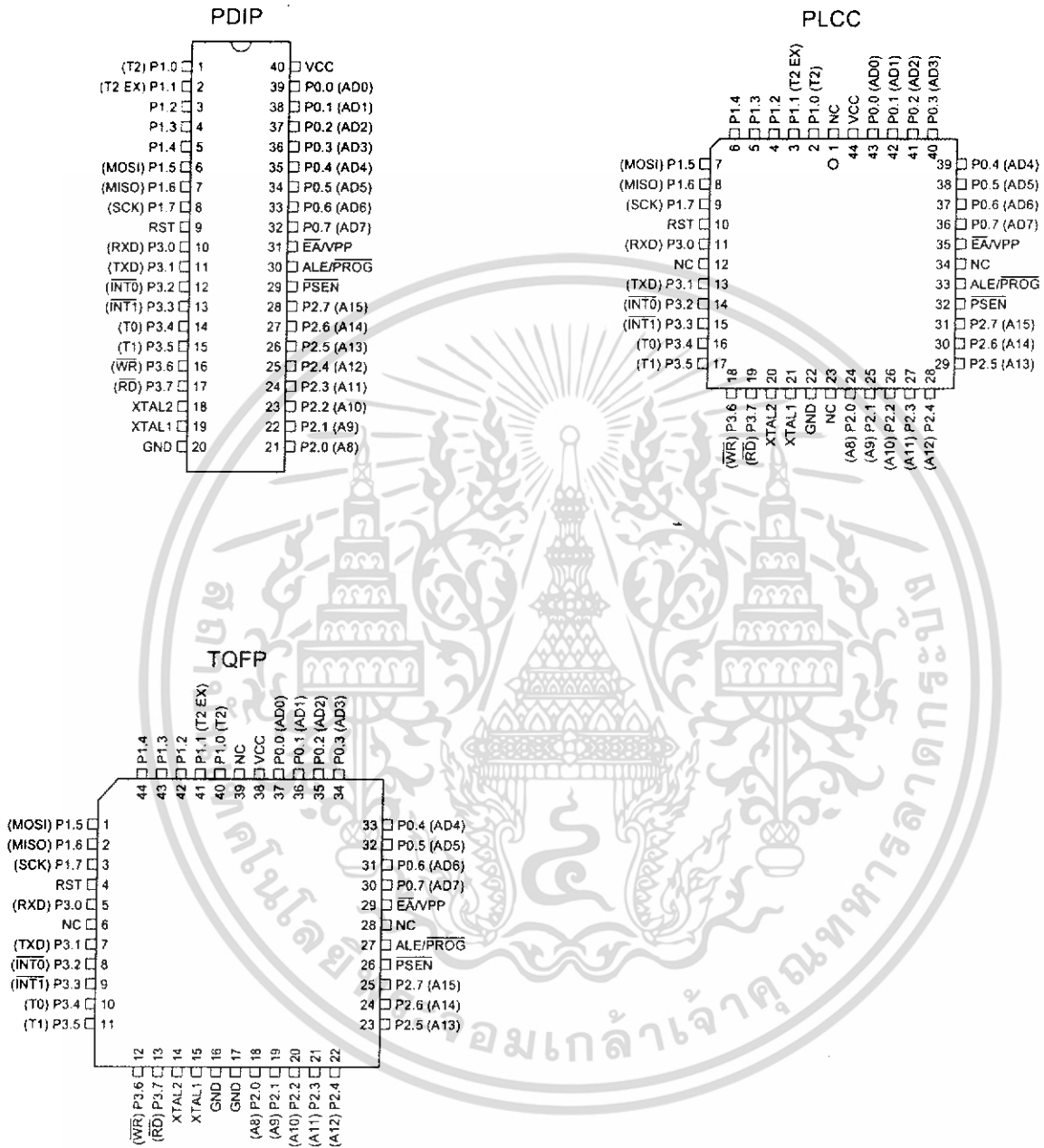
**8-bit  
Microcontroller  
with 8K Bytes  
In-System  
Programmable  
Flash**

**AT89S52**

Rev. 1919A-07/01



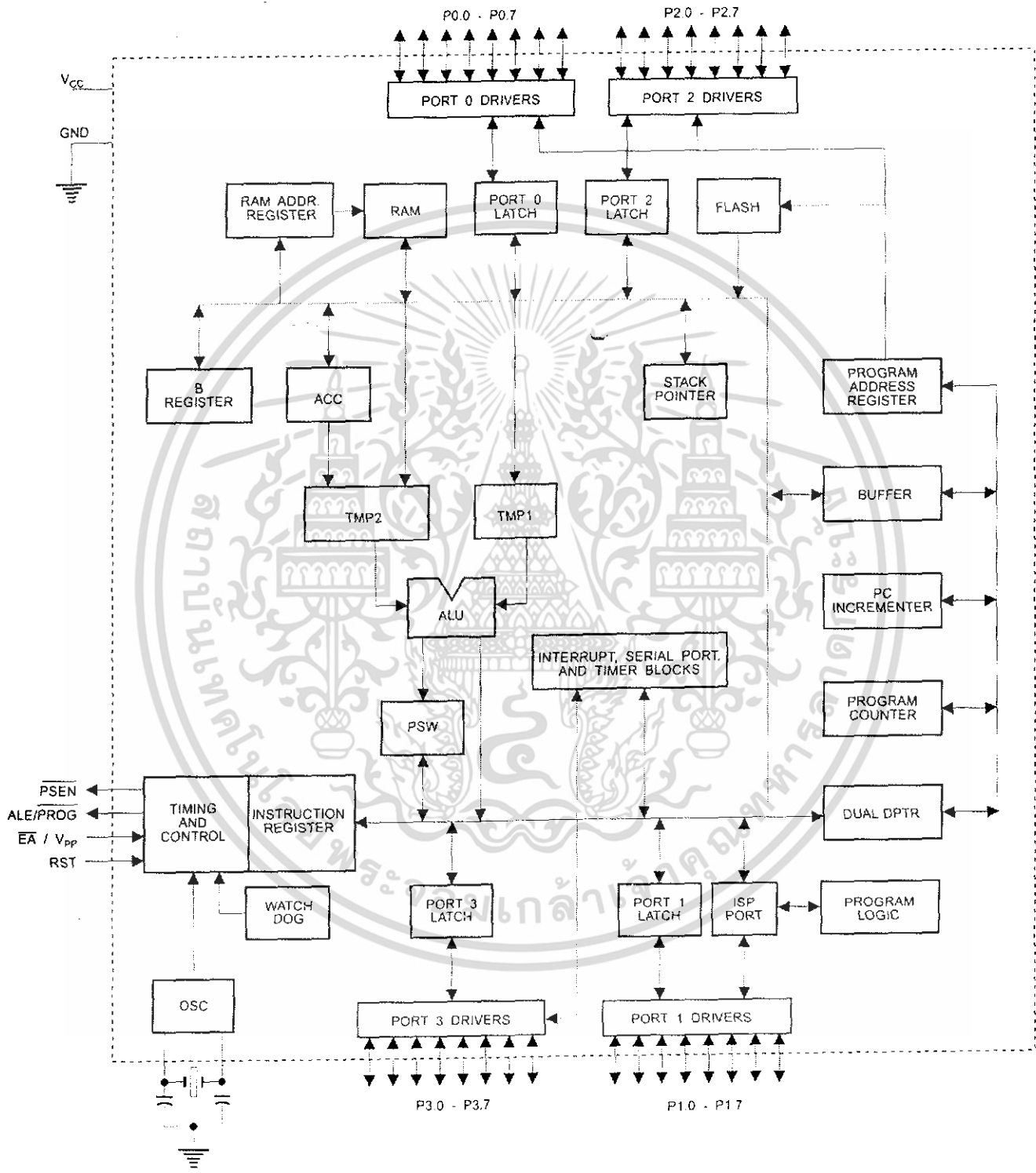
# Pin Configurations



เอกสารนี้เป็นเอกสาร AT89S52

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram





## Pin Description

### VCC

Supply voltage.

### GND

Ground.

### Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

### Port 1

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)
P1.5	MOSI (used for In-System Programming)
P1.6	MISO (used for In-System Programming)
P1.7	SCK (used for In-System Programming)

### Port 2

Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to

external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

### Port 3

Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S52, as shown in the following table.

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

### RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device. This pin drives High for 96 oscillator periods after the Watchdog times out. The DISRTO bit in SFR AUXR (address 8EH) can be used to disable this feature. In the default state of bit DISRTO, the RESET HIGH out feature is enabled.

### ALE/PROG

Address Latch Enable (ALE) is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVX instruction. Otherwise, the pin is

## AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของบริษัทไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# AT89S52

weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

## PSEN

Program Store Enable ( $\overline{\text{PSEN}}$ ) is the read strobe to external program memory.

When the AT89S52 is executing code from external program memory,  $\overline{\text{PSEN}}$  is activated twice each machine cycle, except that two  $\overline{\text{PSEN}}$  activations are skipped during each access to external data memory.

## $\overline{\text{EA}}/\text{VPP}$

External Access Enable.  $\overline{\text{EA}}$  must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH.

Note, however, that if lock bit 1 is programmed,  $\overline{\text{EA}}$  will be internally latched on reset.

$\overline{\text{EA}}$  should be strapped to  $V_{CC}$  for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage ( $V_{PP}$ ) during Flash programming.

## XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

## XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89S52 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000		0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX0				WDTRST XXXXXXXXXX	0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XX00XX0	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XXX0000	87H





## Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke

new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

**Timer 2 Registers:** Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 3) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

**Interrupt Registers:** The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.

**Table 2.** T2CON – Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H		Reset Value = 0000 0000B						
Bit Addressable								
Bit	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2
	7	6	5	4	3	2	1	0
<b>Symbol</b>	<b>Function</b>							
TF2	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.							
EXF2	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).							
RCLK	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.							
TCLK	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.							
EXEN2	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.							
TR2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.							
C/T2	Timer or counter select for Timer 2. C/T2 = 0 for timer function. C/T2 = 1 for external event counter (falling edge triggered).							
CP/RL2	Capture/Reload select. CP/RL2 = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/RL2 = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.							

## AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของบริษัทเซมิคอนดักเตอร์อินเทล เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 3a. AUXR: Auxiliary Register

AUXR	Address = 8EH	Reset Value = XXX00XX0B							
	Not Bit Addressable								
		-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
-	Reserved for future expansion								
DISALE	Disable/Enable ALE								
	DISALE	Operating Mode							
	0	ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency							
	1	ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction							
DISRTO	Disable/Enable Reset out								
	DISRTO								
	0	Reset pin is driven High after WDT times out							
	1	Reset pin is input only							
WDIDLE	Disable/Enable WDT in IDLE mode								
	WDIDLE								
	0	WDT continues to count in IDLE mode							
	1	WDT halts counting in IDLE mode							

**Dual Data Pointer Registers:** To facilitate accessing both internal and external data memory, two banks of 16-bit Data Pointer Registers are provided: DP0 at SFR address locations 82H-83H and DP1 at 84H-85H. Bit DPS = 0 in SFR AUXR1 selects DP0 and DPS = 1 selects DP1. The user should always initialize the DPS bit to the appropriate value before accessing the respective Data Pointer Register.

**Power Off Flag:** The Power Off Flag (POF) is located at bit 4 (PCON.4) in the PCON SFR. POF is set to "1" during power up. It can be set and reset under software control and is not affected by reset.

Table 3b. AUXR1: Auxiliary Register 1

AUXR1	Address = A2H	Reset Value = XXXXXXX0B							
	Not Bit Addressable								
		-	-	-	-	-	-	DPS	
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
-	Reserved for future expansion								
DPS	Data Pointer Register Select								
	DPS								
	0	Selects DPTR Registers DP0L, DP0H							
	1	Selects DPTR Registers DP1L, DP1H							





## Memory Organization

MCS-51 devices have a separate address space for Program and Data Memory. Up to 64K bytes each of external Program and Data Memory can be addressed.

### Program Memory

If the  $\overline{EA}$  pin is connected to GND, all program fetches are directed to external memory.

On the AT89S52, if  $\overline{EA}$  is connected to  $V_{CC}$ , program fetches to addresses 0000H through 1FFFH are directed to internal memory and fetches to addresses 2000H through FFFFH are to external memory.

### Data Memory

The AT89S52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. This means that the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions which use direct addressing access of the SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

## AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้