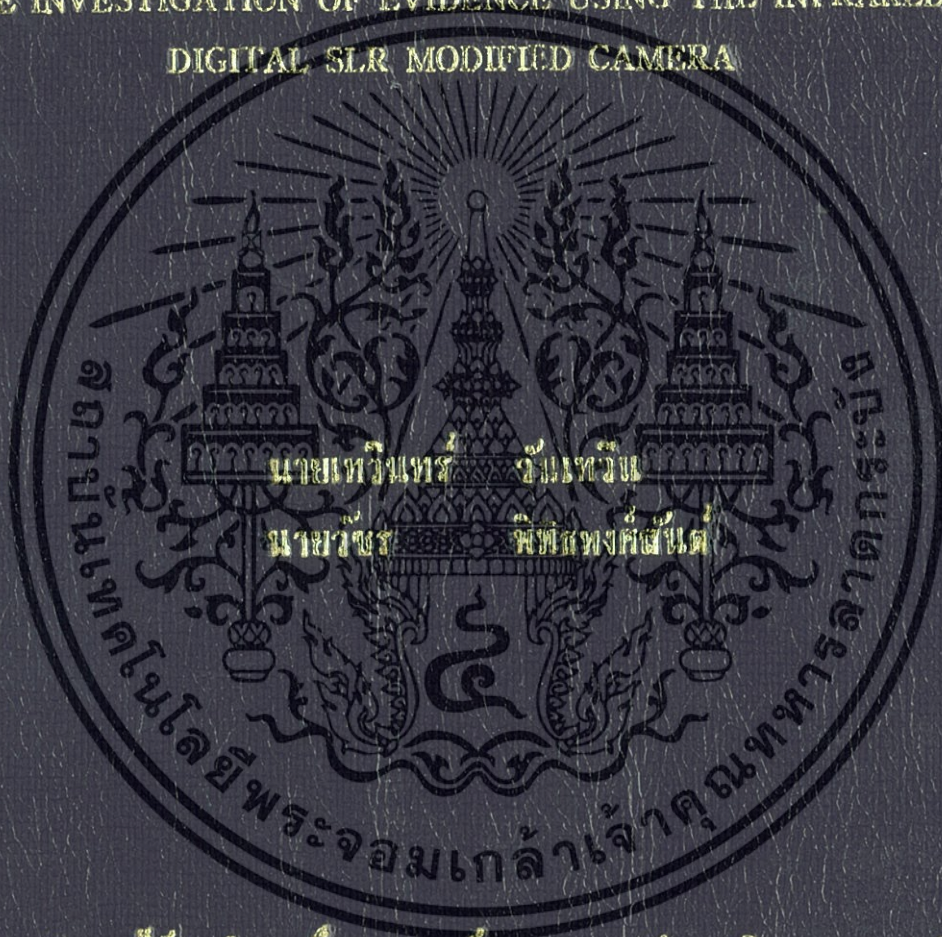


การตรวจสอบวัตถุพยานโดยใช้กล้องดิจิทัล แอล แอด อาร์
ดัดแปลงแบบอินฟราเรด

THE INVESTIGATION OF EVIDENCE USING THE INFRARED
DIGITAL SLR MODIFIED CAMERA



โครงการพิเศษเป็นงานหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การตรวจสอบวัตถุพยานโดยใช้กล้องดิจิทัล เอส แอล อาร์ ดัดแปลงแบบ
อินฟราเรด

THE INVESTIGATION OF EVIDENCE USING THE INFRARED
DIGITAL SLR MODIFIED CAMERA



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THE INVESTIGATION OF EVIDENCE USING THE INFRARED
DIGITAL SLR MODIFIED CAMERA**



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN APPLIED PHYSICS
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การตรวจสอบวัตถุพยาน โดยใช้กล้องดิจิทัล เอส แอล อาร์ ดัดแปลง
แบบอินฟราเรด

THE INVESTIGATION OF EVIDENCE USING THE INFRARED
DIGITAL SLR MODIFIED CAMERA

ชื่อนักศึกษา นายเทวินทร์ วันเทวิน
นายวัชร พิพิธพงศ์สันต์

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา ฟิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรชาติ กมลฉิลก

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา
ฟิสิกส์ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.กীরุทธิ์ ศรีนวลจันทร์	
ดร.ประธาน บุรณศิริ	
อาจารย์ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง	
อาจารย์สุรชาติ กมลฉิลก	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การตรวจสอบวัตถุพยานโดยใช้กล้องดิจิทัล เอส แอล อาร์ ดัดแปลงแบบอินฟราเรด
ชื่อนักศึกษา	นายเทวินทร์ วันเทวิน นายวัชร พิพิธพงศ์สันต์
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุรชาติ กมลฉัตร

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบหมึกปากกาชนิดต่างๆ ที่มุ่งเน้นไปทางกระบวนการด้านนิติวิทยาศาสตร์ โดยการใช้กล้องดิจิทัล เอส แอล อาร์ ดัดแปลงแบบอินฟราเรด (The Infrared Digital SLR Modified Camera) ถ่ายภาพข้อความที่เขียนด้วยปากกาชนิดต่างๆ ประกอบด้วย ปากกาลูกลื่น 11 ชนิด ปากกาหมึกเจล 13 ชนิด และปากกาเคมี 12 ชนิด ภายใต้แสงของหลอดไฟที่ต่างกัน 3 ชนิด คือ หลอดไส้ทั้งสแตนด์ หลอดไฟได้ยุง และหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า เมื่อทำการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล เอส แอล อาร์ ดัดแปลงแบบอินฟราเรดแล้วนั้น จะสามารถมองเห็นข้อความได้จากปากกาลูกลื่น 3 ชนิด ปากกาหมึกเจล 12 ชนิด และปากกาเคมี 5 ชนิด และเมื่อทำการศึกษาในกรณีที่มีการขีดลบหรือแก้ไขข้อความ จะสามารถมองเห็นข้อความที่แฝงอยู่ภายใต้การขีดลบได้เช่นเดียวกัน ซึ่งเมื่อนำหมึกปากกาไปตรวจสอบด้วยเครื่องมืออัลตราไวโอเลตวิสิเบิล สเปกโตรมิเตอร์ (UV-VISIBLE Spectrometer) จะพบว่าหมึกแต่ละชนิดการเปล่งแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ต่างกันจึงทำให้มองเห็นได้ไม่เท่ากัน

คำสำคัญ : กล้องดิจิทัล เอส แอล อาร์, อินฟราเรด, ปากกา, หลอดไส้ทั้งสแตนด์, หลอดไฟได้ยุง, หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์, อัลตราไวโอเลตวิสิเบิล สเปกโตรมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	The Investigation of Evidence Using the Infrared Digital SLR Modified Camera
Students	Mr.Taywin Wantaywin Mr.Watchara Pipitpongson
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Physics
Academic Year	2013
Advisor	Mr.Surachat Kamoldilok

ABSTRACT

The purpose of the research was to study the examination in several types of inks that use for writing by pens. The research focused on the forensic science process by using the Infrared Digital SLR Modified Camera. In methods, the three types of ink on many messages photographs including eleven ballpoint pens, thirteen gel pens, and twelve marker pens. These messages photographs were taken photos by different three light sources including tungsten light, Photon mosquito & insect repeller lamp and fluorescent lamp. The results showed that the Infrared Digital SLR Modified Camera could examine the messages on three types of rollerball pens, twelve types of gel ink pens and five types of marker pens, as well as the examination of the message that were deleted or edited. Moreover, the UV-VISIBLE spectrometer could be used to determine the wavelength on different types of ink.

Keywords : Digital SLR Modified Camera, Infrared, Pens, Tungsten light, Photon mosquito and insect repeller lamp, Fluorescent lamp, UV-VISIBLE spectrometer

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินโครงการวิจัยเรื่องการตรวจสอบวัตถุพยานโดยใช้กล้องดิจิทัล เอส แอล อาร์ คัดแปลงแบบอินฟราเรด ซึ่งมีอาจารย์สุรชาติ กมลฉัตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี ก็ด้วยความเมตตากรุณาและการสนับสนุนจากอาจารย์สุรชาติ กมลฉัตร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ดร.กฤษฎ์ ศรีนวลจันทร์ ดร.ประธาน บุรณศิริ และอาจารย์ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง อาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้ แนวทางการดำเนินงาน และแนวทางการแก้ปัญหาเป็นอย่างดี รวมทั้งอนุเคราะห์งบประมาณ และอุปกรณ์ในการทดลอง ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งและต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ภัทริยา กิตติเดชาชาญ เป็นอย่างสูง ที่ให้ความกรุณาอนุเคราะห์เครื่องอัลตราไวโอเลตวิสิเบิล สเปกโตรมิเตอร์ และห้องปฏิบัติการในการทำการทดลอง

ขอขอบคุณพี่ๆ กลุ่มงานตรวจอาชญากรรมและเครื่องกระสุน สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ที่ดูแลและให้ความรู้เป็นอย่างดีตลอดช่วงระยะเวลาการฝึกงาน นับเป็นแรงบันดาลใจและเป็นแนวทางในการริเริ่มทำโครงการวิจัย รวมถึงให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ตลอดการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณปกรณ์ ติลาชนกิจ และน้องเพชร พงศ์วิสิทธิ์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาในเรื่องการใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัล การตั้งค่ามาตรฐานของกล้อง การถ่ายภาพเบื้องต้น และการเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในงานวิจัย

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และอบรมสั่งสอน ตลอดระยะเวลาการศึกษา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้องทุกคนที่อยู่ร่วมกันทั้งในเวลาทำโครงการและนอกเวลาทำโครงการ ที่คอยให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือทุกๆด้าน ขอขอบคุณครอบครัวของผู้ศึกษาที่เป็นแรงสนับสนุนหลัก เป็นแรงผลักดัน ให้การศึกษา และให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

เทวินทร์ วันเทวิน

วัชร พิพิธพงศ์สันต์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
คำย่อและสัญลักษณ์	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีในการดำเนินงาน	2
1.4.1 แผนการดำเนินงาน	2
1.4.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความรู้เบื้องต้นทางแสง	4
2.1.1 การมองเห็นแสงสี	6
2.2 แสงอินฟราเรด	6
2.2.1 การค้นพบแสงอินฟราเรด	6
2.2.2 การแบ่งแสงอินฟราเรด	8
2.2.3 การประยุกต์ใช้งานอินฟราเรด	8
2.3 แหล่งกำเนิดแสง	9
2.3.1 แสงแดด	9
2.3.2 แสงหลอดไส้ทั้งสแตน	9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.3 แสงหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	10
2.3.4 แสงไฟ HID	11
2.3.5 แสงแฟลชอิเล็กทรอนิกส์	12
2.3.6 แสงหลอดไฟไส้	13
2.4 กล้องถ่ายรูป	13
2.4.1 หลักการทำงานของกล้อง	16
2.4.2 กลไกการทำงาน	16
2.4.3 ขนาดของเซนเซอร์รับแสงและคุณภาพของภาพ	18
2.4.4 ชนิดของเซนเซอร์รับแสง	18
2.4.5 รูรับแสง	19
2.4.5.1 การใช้งานและประโยชน์จากการปรับตั้งค่ารูรับแสง	23
2.4.5.2 ตารางแสดงค่ารูรับแสง	25
2.4.6 ความไวแสง	26
2.5 การประยุกต์ใช้กับนิติวิทยาศาสตร์	26
2.5.1 ความหมายและความสำคัญของนิติวิทยาศาสตร์	26
2.5.2 การถ่ายภาพกับนิติวิทยาศาสตร์	27
2.5.3 การประยุกต์ใช้การถ่ายภาพอินฟราเรดกับนิติวิทยาศาสตร์	28
2.6 สเปกโทรสโกปี	29
2.6.1 อัลตราไวโอเลตวิสิเบิล สเปกโทรสโกปี	29
2.6.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณ	32
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	33
3.1 การศึกษาข้อมูลทางเทคนิคเกี่ยวกับการดัดแปลงกล้อง DSLR เพื่อให้ถ่ายภาพ ได้ภายใต้แสงอินฟราเรด	33
3.1.1 ขั้นตอนการดัดแปลงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D	34
3.2 ออกแบบการทดลอง	36
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 วิธีกรทดสอบ	41
3.4.1 การทดสอบตอนที่ 1 การตรวจพิสูจน์ปากกาในกรณีที่ไม่มีการขีดลบหรือแก้ไขข้อความ	41
3.4.2 การทดสอบตอนที่ 2 การตรวจพิสูจน์ปากกาในกรณีที่มีการขีดลบหรือแก้ไขข้อความ	41
3.4.3 การทดสอบตอนที่ 3 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่มีน้ำหมึกต่างสีกันโดยไม่มีการขีดลบหรือแก้ไขข้อความ	41
3.4.4 การตั้งมาตรฐานของกล่องที่ใช้ในการทดสอบ	42
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	43
4.1 แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการทดสอบ	43
4.1.1 หลอดไส้ทั้งสแตน	43
4.1.2 หลอดไฟไต้ยุง	44
4.1.3 หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	44
4.2 ผลการทดสอบตอนที่ 1 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาในกรณีที่ไม่มีการขีดลบหรือแก้ไขข้อความ	45
4.2.1 หลอดไส้ทั้งสแตน	45
4.2.2 หลอดไฟไต้ยุง	47
4.2.3 หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	49
4.2.4 สรุปผลการทดสอบตอนที่ 1	52
4.3 ผลการทดสอบตอนที่ 2 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาในกรณีที่มีการขีดลบหรือแก้ไขข้อความ	53
4.3.1 หลอดไส้ทั้งสแตน	53
4.3.2 หลอดไฟไต้ยุง	54
4.3.3 หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	54
4.3.4 สรุปผลการทดสอบตอนที่ 2	55

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลการทดลองตอนที่ 3 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่มีน้ำหมึกต่างสี โดยไม่มีการขีดลบหรือแก้ไขข้อความ (หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์)	56
4.4.1 สรุปผลการทดลองตอนที่ 3	57
4.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	57
4.6 อภิปรายผลการทดลอง	63
4.6.1 การทดลองตอนที่ 1	63
4.6.2 การทดลองตอนที่ 2	63
4.6.3 การทดลองตอนที่ 3	63
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	64
5.1 สรุปผลการทดลอง	64
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต	65
บรรณานุกรม	66
ภาคผนวก ก	68
ภาคผนวก ข	77

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแบ่งช่วงความยาวคลื่นของแสงอินฟราเรดตามมาตรฐาน ISO 20473	8
2.2 ขนาดรูรับแสงมาตรฐาน ชั้นละ 1 สตอป	25
2.3 ขนาดรูรับแสง ชั้นละ 1/2 สตอป	25
2.4 ขนาดรูรับแสง ชั้นละ 1/3 สตอป	25
3.1 (ก) รายละเอียดของปากกาที่ใช้ในงานวิจัย	39
3.1 (ข) รายละเอียดของปากกาที่ใช้ในงานวิจัย (ต่อ)	40
3.2 ค่ามาตรฐานกล้องที่ใช้ในการทดลอง ภายใต้แสงหลอดไส้ทั้งสแตนด์	42
3.3 ค่ามาตรฐานกล้องที่ใช้ในการทดลอง ภายใต้แสงหลอดไฟโล่ยุง	42
3.4 ค่ามาตรฐานกล้องที่ใช้ในการทดลอง ภายใต้แสงหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	42
4.1 สรุปผลการทดลองตอนที่ 1	52
4.2 สรุปผลการทดลองตอนที่ 2	55
4.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 3	57
4.4 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ UV-VIS	58

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	5
2.2	แสงสีน้ำเงินและแสงสีแดง สะท้อนวัตถุเข้านัยน์ตา เราจึงมองเห็นวัตถุเป็นสีม่วง	6
2.3	เซอร์เฟรเดอริก วิลเลียม เฮอร์เชล ผู้ค้นพบแสงอินฟราเรด	7
2.4	การทดลองวัดสเปกตรัมแสงขาวจากเซอร์เฟรเดอริก วิลเลียม เฮอร์เชล โดยดูการกระจายของแสงขาว	7
2.5	สเปกตรัมของแสงอาทิตย์	9
2.6	สเปกตรัมหลอดไส้ทั้งสแตน	10
2.7	สเปกตรัมหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ชนิด White	10
2.8	สเปกตรัมหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ชนิด Cool White	11
2.9	สเปกตรัมหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ชนิด Warm White	11
2.10	สเปกตรัมหลอดไฟ HID	12
2.11	สเปกตรัมของแสงเฟลซ	12
2.12	สเปกตรัมของ (ก) หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ และ (ข) หลอดไฟไส้ยูง	13
2.13	ชิ้นส่วนสำคัญของกล้อง DSLR	14
2.14	ระยะภาพผ่านเลนส์ตึบแสงที่เกิดจากวัตถุซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งต่างๆ	14
2.15	ภาพถ่ายที่ใช้เลนส์ที่มีความยาวโฟกัสต่างกัน (ก) 50 mm. (ข) 35 mm. (ค) 24 mm.	15
2.16	เส้นทางเดินของแสงภายในกล้องดิจิทัลชนิดสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว	17
2.17	เซนเซอร์รับแสงชนิด CCD	18
2.18	เซนเซอร์รับแสงชนิด CMOS ของกล้องยี่ห้อ Canon รุ่น EOS-1Ds (ด้านซ้ายสุด)	19
2.19	รูรับแสง	20
2.20	ลักษณะแผ่นไดอะแฟรม	21
2.21	ตำแหน่งติดตั้งของแผ่นไดอะแฟรม	21
2.22	(ก) รูรับแสงขนาด $f/2$ และ (ข) รูรับแสงขนาด $f/1.2$	22
2.23	ความกว้างของรูรับแสงขนาดต่างๆ	22
2.24	วงแหวนปรับขนาดรูรับแสงในกล้องฟิล์ม (SLR)	24
2.25	การปรับขนาดรูรับแสงในกล้อง DSLR	24
2.26	วงแหวนปรับขนาดรูรับแสงในกล้อง DSLR บางรุ่น	25
2.27	การเปลี่ยนแปลงระดับชั้นพลังงาน	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.28 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวัดตรวจสอบสารด้วยเครื่อง UV-VIS	30
2.29 แผนผังแสดงส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS แบบลำแสงเดี่ยว	31
2.30 แผนผังแสดงส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS แบบลำแสงคู่	31
2.31 เปรียบเทียบหลักการการทำงานของเครื่อง UV-VIS แบบลำแสงเดี่ยวและลำแสงคู่	32
3.1 กล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D	33
3.2 โครงสร้างองค์ประกอบภายในตัวกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D	34
3.3 (ก) ขั้นตอนการเปิดโครงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D	34
3.3 (ข) ขั้นตอนการเปิดโครงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D	35
3.4 ขั้นตอนการเปลี่ยนเลนเซอร์รับแสงของกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D	35
3.5 เลนเซอร์รับแสงของกล้อง DSLR (ซ้าย) เลนเซอร์รับแสงปกติ (The original hot mirror filter) รับแสงได้ในทุกความยาวคลื่น (ขวา) เลนเซอร์รับแสงอินฟราเรด (The Infrared filter) รับแสงในช่วงอินฟราเรดเท่านั้น	36
3.6 กล้อง DSLR คัดแปลงแบบอินฟราเรด	37
3.7 กล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 60D	37
3.8 หลอดไส้ทั้งสแตน	38
3.9 หลอดไฟไต้ยุง	38
3.10 หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	39
3.11 ภาพถ่ายรวมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	41
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (นาโนเมตร) กับความเข้มแสงของหลอดไส้ทั้งสแตนที่ใช้ในการทดลอง	43
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (นาโนเมตร) กับความเข้มแสงของหลอดไฟไต้ยุงที่ใช้ในการทดลอง	44
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (นาโนเมตร) กับความเข้มแสงของหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในการทดลอง	44
4.4 ความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการวิเคราะห์กับเครื่อง UV-VIS	58
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกา ชนิด ล.1 ยี่ห้อ Uni รุ่น Laknock fine (SN-101 FINE BLUE) ขนาด 0.5 mm (หมึกสีน้ำเงิน)	59

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกา ชนิด จ.4 ยี่ห้อ PaperMate รุ่น gel ขนาด 0.7 mm (หมึกสีน้ำเงิน)	59
4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกา ชนิด ค.2 ยี่ห้อ Uni-ball รุ่น pin FINE LINE (PIN 05-200 BLUE) ขนาด 0.5 mm (หมึกสีน้ำเงิน)	60
4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกา ชนิด ค.4 ยี่ห้อ DongA รุ่น My Color (MC-17) ขนาด 0.5 mm (หมึกสีน้ำเงิน)	60
4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกา ชนิด จ.10 ยี่ห้อ PaperMate รุ่น gel ขนาด 0.7 mm (หมึกสีแดง)	61
4.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกา ชนิด จ.11 ยี่ห้อ PaperMate รุ่น gel ขนาด 0.7 mm (หมึกสีเขียว)	61
4.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกา ชนิด จ.12 ยี่ห้อ PaperMate รุ่น gel ขนาด 0.7 mm (หมึกสีส้ม)	62
4.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกา ชนิด ค.11 ยี่ห้อ STABILO รุ่น Pen 68 (Art.No. 68/44) ขนาด 1.2 mm (หมึกสีเหลือง)	62

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ	ความหมาย
c	ความเร็วของแสง มีค่า 3×10^8 เมตรต่อวินาที
CCD	Charge Coupled Device
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
DSLR	กล้องดิจิทัลชนิดสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว (Digital Single Lens Reflex Camera) หรือ ดิจิตอล เอส แอล อาร์ (Digital SLR)
FIR	อินฟราเรดช่วงไกล (Far-Infrared)
GHz	จิกะเฮิรตซ์
GSR	การตรวจหาสิ่งเหลือทิ้งจากกระสุนปืน (Gun Shot Residue)
THz	เทระเฮิรตซ์
MOS	Metal Oxide Semiconductor
MIR	ช่วงอินฟราเรด (Mid-Infrared)
NIR	อินฟราเรดช่วงใกล้ (Near-Infrared)
SEM	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope)
SLR	กล้องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว (Single Lens Reflex Camera)
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
IR	แสงอินฟราเรด (Infrared Light)
ISO	องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization)
UV	แสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultra-Violet Light)
UV-VIS spectrometer	อัลตราไวโอเล็ตวิสิเบิล สเปกโตรมิเตอร์ (Ultraviolet and Visible Spectrometer)
λ	ความยาวคลื่น
ν	ความถี่

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

คำว่า “นิติวิทยาศาสตร์” หมายถึง การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขามาประยุกต์ใช้เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงในคดีความเพื่อผลในการบังคับใช้กฎหมายและการลงโทษ การตรวจพิสูจน์หลักฐาน หรืองานด้านนิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Science) จึงเป็นงานที่ตรวจสอบความถูกต้องของผู้ต้องสงสัย หรือเป็นการตรวจเพื่อหาความจริงของเหตุการณ์ โดยรายละเอียดของการตรวจพิสูจน์นี้จะเป็นพยานหลักฐานในการพิจารณาคดีในชั้นศาล ซึ่งจะทำให้ศาล อัยการ และทนายความ มีความเข้าใจในเหตุการณ์นั้น ฉะนั้นต้องมีความรอบคอบในการตรวจพิสูจน์ โดยผู้ตรวจพิสูจน์จะอาศัยหลายหลากหลายเทคนิคเข้ามาช่วยในการตรวจพิสูจน์ เช่น การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) ในการตรวจหาอนุภาคมูลฐานของธาตุใดๆ และการใช้สารเคมีในการตรวจพิสูจน์บนวัตถุพยาน (Physical Evidence) เป็นต้น และยังคงอาศัยความชำนาญของผู้ชำนาญในการตรวจพิสูจน์ เพื่อให้งานตรวจพิสูจน์ถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปในการพิจารณาประเภทของพยานวัตถุและจุดประสงค์ในการตรวจพิสูจน์สามารถแยกวิธีการออกได้ดังนี้

1. การตรวจโดยวิธีทางเคมี และชีววิทยา (Chemical and Biological Analysis)
2. การตรวจโดยการใช้วิธีทางกายภาพ (Physical Experiments)
3. การตรวจโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ (Instrumental Analysis)

การถ่ายภาพในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของการตรวจโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ นับว่าเป็นสิ่งหนึ่งที่จะทำให้ได้ผลการตรวจพิสูจน์ที่มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยกล้องถ่ายรูปปกติ จะถ่ายภาพภายใต้แสงขาว (Visible Light) แต่กล้องดิจิทัลชนิดสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว (Digital Single Lens Reflex Camera) คัดแปลงแบบอินฟราเรด (Infrared Light) จะทำให้เราได้ภาพที่กล้องดิจิทัลทั่วไปไม่สามารถถ่ายได้ (กล่าวคือจะสามารถมองเห็นภาพที่ไม่สามารถถ่ายได้ภายใต้แสงปกติ) เนื่องจากการสะท้อนแสง (Reflection) และการดูดกลืนแสง (Absorption) ของวัตถุหรือสารแต่ละชนิดนั้นจะไม่เหมือนกัน โดยในการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัลปกติ (Digital Camera) ที่จะถ่ายด้วยแสงอินฟราเรดนั้น จำเป็นต้องใช้ฟิลเตอร์อินฟราเรด (Infrared Filter) เข้ามาช่วยกรองแสงอินฟราเรดเพื่อให้สามารถถ่ายภาพอินฟราเรดได้ แต่สำหรับกล้องดิจิทัลชนิดสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวคัดแปลงแบบอินฟราเรดนั้น ไม่ต้องใช้ฟิลเตอร์อินฟราเรดเข้ามากรองแสงอินฟราเรด เนื่องจากได้มีการคัดแปลงภายในตัวกล้องเรียบร้อยแล้ว จึงสามารถถ่ายภาพที่เป็นภาพภายใต้แสงอินฟราเรดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการทำงานของกล้อง DSLR คัดแปลงแบบอินฟราเรด
2. เพื่อศึกษาเทคนิคการถ่ายภาพ โดยการใช้กล้อง DSLR คัดแปลงแบบอินฟราเรด
3. เพื่อศึกษาการสะท้อนและการดูดกลืนของแสงอินฟราเรด
4. เพื่อทดสอบหาความแตกต่างของหมึกปากกาแต่ละชนิด โดยการใช้กล้อง DSLR คัดแปลงแบบอินฟราเรด
5. เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้เชี่ยวชาญด้านงานตรวจพิสูจน์ ในการตรวจสอบวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุ และในห้องปฏิบัติการ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของกล้อง DSLR คัดแปลงแบบอินฟราเรด
2. ศึกษาการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของหมึกปากกาแต่ละชนิด
3. ศึกษาการสะท้อนแสงอินฟราเรดของหมึกปากกาแต่ละชนิด

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีในการดำเนินงาน

1. แผนการดำเนินงาน สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้
 1. ขั้นตอนที่ 1 เสนองานวิจัย
 2. ขั้นตอนที่ 2 ศึกษารายละเอียด ทฤษฎี และข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการงานวิจัย
 3. ขั้นตอนที่ 3 ตั้งสมมติฐาน และเตรียมการทดลอง
 4. ขั้นตอนที่ 4 ทำการทดลองและประเมินผลการทดลอง
 5. ขั้นตอนที่ 5 ปรับปรุงการทดลองในส่วนที่ผิดพลาด
 6. ขั้นตอนที่ 6 สรุปการทำวิจัย และแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน

ลำดับ \ เดือน	เดือน												
	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	
ขั้นตอนที่ 1													
ขั้นตอนที่ 2													
ขั้นตอนที่ 3													
ขั้นตอนที่ 4													
ขั้นตอนที่ 5													
ขั้นตอนที่ 6													

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้กล้องดิจิทัลชนิดสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวดัดแปลงแบบอินฟราเรด
2. เพิ่มทักษะความรู้ทางด้านเทคโนโลยีทางแสง โดยเฉพาะด้านแสงอินฟราเรด
3. ผู้เชี่ยวชาญในงานตรวจพิสูจน์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจพิสูจน์ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์
4. ได้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการตรวจพิสูจน์หลักฐานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์
5. เพื่อเป็นพื้นฐานของการศึกษาด้านแสงอินฟราเรดสำหรับผู้สนใจทั่วไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบวัตถุพยาน โดยใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด คือ ความรู้เบื้องต้นทางแสง แสงอินฟราเรด กล้องถ่ายภาพ เครื่องอัลตราไวโอเลตวิสิเบิล สเปกโตรมิเตอร์ และกระบวนการนิติวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

2.1 ความรู้เบื้องต้นทางแสง

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแต่ละชนิดขณะนั้น อาจมีความยาวคลื่นเดียว (Monochromatic) หรืออาจมีความยาวคลื่นหลายค่า (Polychromatic) และกรณีที่มีหลายค่านี้อาจอยู่ในลักษณะที่ต่อเนื่อง หรือไม่ต่อเนื่องก็ได้ เรียกการกระจายของความยาวคลื่นนี้ว่า “สเปกตรัม (Spectrum)” ของคลื่น ในสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีชื่อเรียกหลายชื่อ ขึ้นอยู่กับช่วงความยาวคลื่นหรือความถี่ ดังเช่นที่ปรากฏในรูปที่ 2.1 ค่าความยาวคลื่น (λ) และความถี่ (ν) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กันตามสมการที่ (2.1)

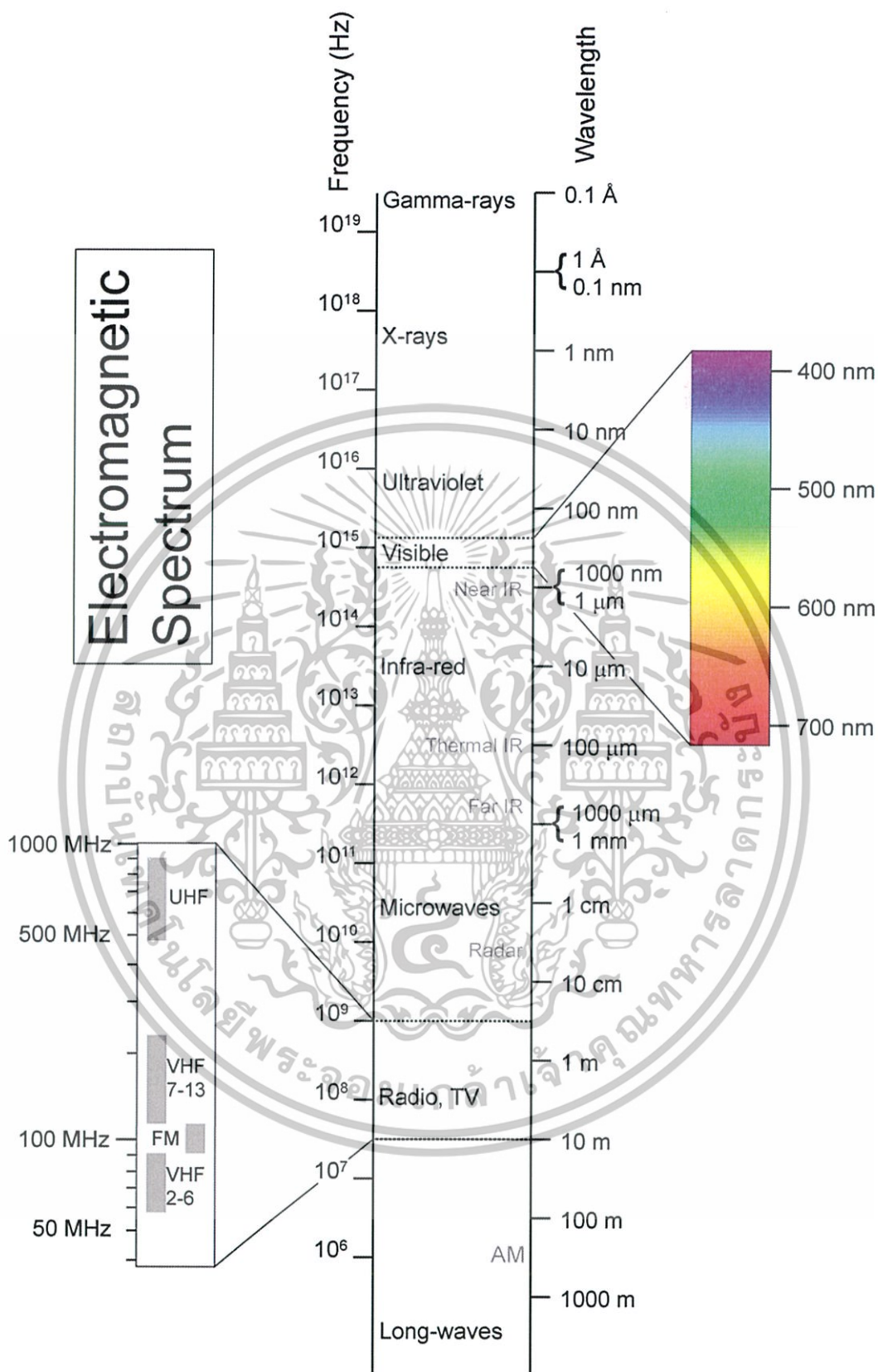
$$c = \lambda \nu \quad (2.1)$$

คลื่นในสมการที่ (2.1) นี้ถือว่าเคลื่อนที่ในสุญญากาศ ซึ่งอัตราเร็วของคลื่น c มีค่า 3×10^8 เมตรต่อวินาที (m/s) โดยในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 400 นาโนเมตร (nm) หรือ 0.4 ไมโครเมตร (μm) ถึง 700 นาโนเมตร (nm) หรือ 0.7 ไมโครเมตร (μm) เป็นช่วงที่ทำให้เกิดการมองเห็นของตามนุษย์ และเรียกว่าเป็นช่วงของแสง ช่วงที่ทำให้เกิดการมองเห็น (Visible Region) หรือที่เรียกกันว่าแสงขาว (Visible Light) แสงช่วงนี้อยู่ระหว่างแสงในช่วงที่ตามองไม่เห็น 2 ช่วง คือ

1) อัลตราไวโอเลต (Ultraviolet : UV) จะเป็นช่วงที่มีความยาวคลื่นที่สั้นกว่าช่วงของแสงขาว หรือมีความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 นาโนเมตร ลงไปจนถึง 10 นาโนเมตร ซึ่งสามารถแบ่งแสงอัลตราไวโอเลตออกได้เป็น 3 ช่วงด้วยกัน คือ ช่วง UV-A มีความยาวคลื่น 380 ถึง 315 นาโนเมตร, ช่วง UV-B มีความยาวคลื่น 315 ถึง 280 นาโนเมตร และ ช่วง UV-C มีความยาวคลื่น 280 ถึง 10 นาโนเมตร

2) อินฟราเรด (Infrared : IR) เป็นช่วงที่มีความยาวคลื่นที่ยาวกว่าช่วงแสงขาว โดยมีความยาวคลื่นตั้งแต่ 770 นาโนเมตร ถึง 1 มิลลิเมตร ในบางครั้งเราเรียกแสงอินฟราเรดว่า “รังสีความร้อน” โดยทั้ง 3 ช่วงที่กล่าวมาในข้างต้นนี้ สามารถเรียกรวมกันได้ว่า “Optical Region”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Louis E. Keiner - Coastal Carolina University

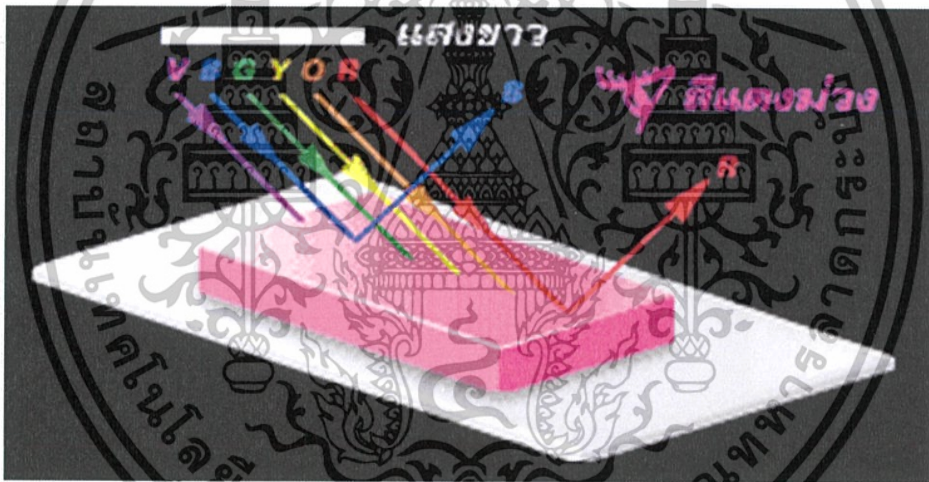
รูปที่ 2.1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [24]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การมองเห็นแสงสี

การที่เรามองเห็นสีต่างๆ ความจริงแล้วเรามองเห็นแสงที่สะท้อนมาจากสิ่งที่เรากำลังมองอยู่นั่นเอง เช่น แสงเทียนปล่องสเปกตรัมออกมาเพียงสีแดง สีส้ม สีเหลือง และอินฟราเรด ตาเราจึงมองเห็นเป็นสีส้ม เป็นต้น เมื่อนำจากหรือวัตถุสว่างมาวางไว้ บางส่วนของความยาวคลื่นแสงจะถูกดูดกลืนและบางส่วนจะสะท้อนออก แสงส่วนที่สะท้อนออกมาเมื่อเข้าสู่ตาเราก็จะรับรู้เป็นสี แต่ถ้าไม่มีแสงหรือไม่มีความสว่าง จากหรือวัตถุก็จะเป็นสีดำ

สีของวัตถุขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยนั่นคือ สีของแหล่งกำเนิดแสงและแสงสีที่วัตถุสามารถสะท้อนได้ หากต้องการดูสีที่แท้จริงของวัตถุเราจะต้องให้แสงสว่างด้วยแหล่งกำเนิดแสงที่มีทุกความยาวคลื่น วัตถุจึงจะสะท้อนสีที่แท้จริงทั้งหมดออกมา แต่ถ้าแหล่งกำเนิดแสงปล่อยความยาวคลื่นออกมาเพียงบางค่า สีจริงของวัตถุอาจจะมองไม่เห็น ตัวอย่างเช่นถ้าเราใช้แสงสีฟ้า, สีเขียว และสีแดง ส่องไปที่สตรอเบอร์รี่สีแดง ถ้าใช้แสงสีฟ้าหรือสีเขียวแสงจะถูกดูดกลืน เราจะเห็นสตรอเบอร์รี่เป็นสีดำ แต่ถ้าใช้แสงสีแดง สตรอเบอร์รี่ก็จะสะท้อนและปรากฏสีแดงให้เห็น



รูปที่ 2.2 แสงสีน้ำเงินและแสงสีแดง สะท้อนวัตถุเข้ำนัยน์ตา เราจึงมองเห็นวัตถุเป็นสีม่วง [26]

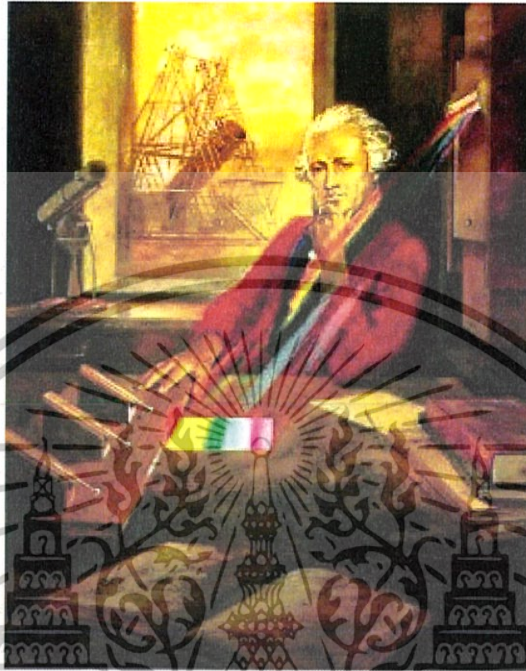
2.2 แสงอินฟราเรด

2.2.1 การค้นพบแสงอินฟราเรด

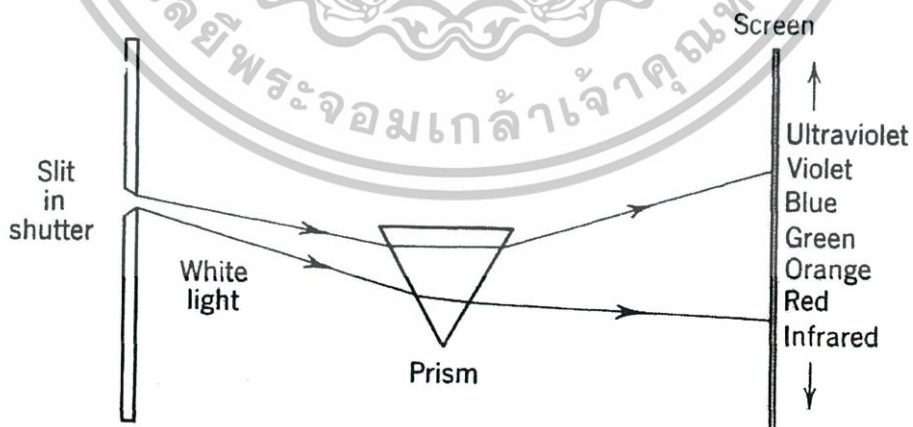
เซอร์เฟรเดอริก วิลเลียม เฮอร์เชล (Sir Frederick William Herschel, 15 November 1738 – 25 August 1822) นักวิทยาศาสตร์และนักดาราศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ค้นพบแสงอินฟราเรด เมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1800 ท่านได้ทำการทดลองวัดอุณหภูมิของแถบสีต่างๆ ที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ อาทิเช่น แสงในธรรมชาติ (แสงขาว) เทียนไข หลอดไฟ และคอปเปลิ่ง ต่างก็ออกมาเป็นสีรุ้งเมื่อผ่านปริซึม พบว่าอุณหภูมิความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามลำดับจากสีม่วงและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุดที่ แดงสีแดง และยังได้วัดอุณหภูมิที่เกินกว่าแสงสีแดง ซึ่งมีอุณหภูมิที่สูงกว่า แม้จะมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งขอบเขตนี้เรียกว่า “รังสีความร้อน” แต่ในปัจจุบันเรียกว่า “อินฟราเรด”



รูปที่ 2.3 เซอร์เฟรเดอริก วิลเลียม เฮอร์เชล ผู้ค้นพบแสงอินฟราเรด [19]



รูปที่ 2.4 การทดลองวัดสเปกตรัมแสงขาวของเซอร์เฟรเดอริก วิลเลียม เฮอร์เชล โดยดูการกระจายของแสงขาว [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การแบ่งแสงอินฟราเรด

แสงอินฟราเรด เริ่มต้นที่ของสเปกตรัมแสงสีแดง หรือที่ความยาวคลื่นประมาณ 700 นาโนเมตร (nm) ถึง 1 มิลลิเมตร (mm) ช่วงของความยาวคลื่นนี้จะสอดคล้องกับช่วงความถี่ประมาณ 430 เทระเฮิร์ตซ์ (THz) ลงถึง 300 จิกะเฮิร์ตซ์ (GHz)

ซึ่งองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศหรือ ไอ เอส โอ (ISO : International Organization for Standardization) ได้ประกาศมาตรฐานไว้ที่ ISO 20473 โดยระบุให้แบ่งแสงอินฟราเรดออกเป็น 3 ช่วง ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแบ่งช่วงความยาวคลื่นของแสงอินฟราเรดตามมาตรฐาน ISO 20473

Designation	Abbreviation	Wavelength
Near-Infrared	NIR	0.78-3 μm
Mid-Infrared	MIR	3-50 μm
Far-Infrared	FIR	50-1,000 μm

2.2.3 การประยุกต์ใช้งานอินฟราเรด

อินฟราเรดช่วงใกล้ (Near-Infrared) หรือ NIR

เป็นช่วงคลื่นสั้นของรังสีอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นประมาณ 0.7 ไมโครเมตร จนถึง 3.0 ไมโครเมตร แสงอินฟราเรดในช่วงนี้มักจะประยุกต์ใช้ในการถ่ายภาพความร้อน

ช่วงอินฟราเรด (Mid-Infrared) หรือ MIR

ในบางครั้งอาจเรียกว่า ช่วงคลื่นกลางของแสงอินฟราเรด ก็ได้ จะมีความยาวคลื่นประมาณ 3.0 ไมโครเมตรจนถึง 50 ไมโครเมตร อินฟราเรดระยะกลางมักประยุกต์ใช้กับระบบนำวิถีของจรวดขีปนาวุธ (Missile)

อินฟราเรดช่วงไกล (Far-Infrared) หรือ FIR

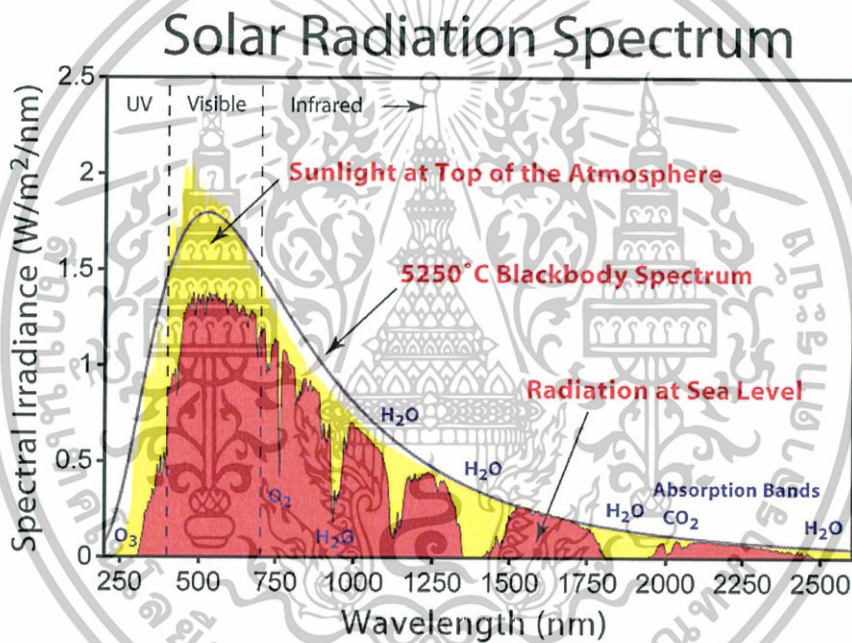
เป็นช่วงคลื่นยาวของแสงอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นประมาณ 50 ไมโครเมตรขึ้นไป ช่วงนี้จะมีพลังงานความร้อนไม่มากนักจึงนิยมใช้ในการบำบัดผู้ป่วย เช่น อาการปวดเมื่อยเรื้อรัง และผู้ป่วยด้วยโรคความดันโลหิต รวมถึงการควบคุมอุณหภูมิ เป็นต้น

2.3 แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสง มีความสำคัญต่องานด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการถ่ายภาพภายใต้แสงอินฟราเรด การเลือกแหล่งกำเนิดแสงจึงมีความสำคัญและมีผลเป็นอย่างมากต่อภาพถ่าย

2.3.1 แสงแดด (Sunlight)

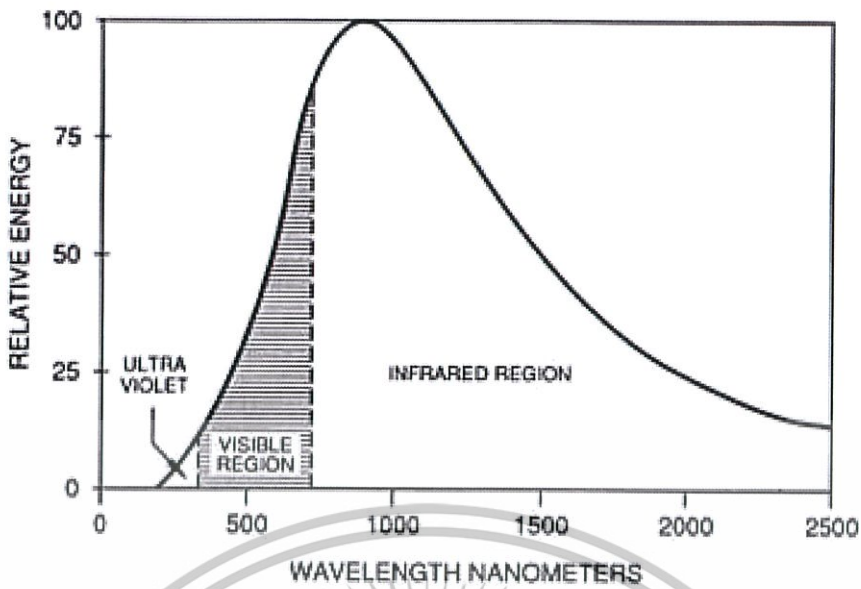
แหล่งกำเนิดแสงคือดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดหลักของอินฟราเรด เพราะดวงอาทิตย์นั้น เปล่งแสงออกมาในทุกย่านความยาวคลื่นทั้งแสงในย่านที่ตามองเห็น แสงอินฟราเรด และแสงอัลตราไวโอเล็ต แต่เนื่องจากในตอนกลางวันมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศซึ่งคาดเดาได้ยาก มีแนวโน้มน้ำที่เมฆจะปิดกั้นแสง โดยเฉพาะสเปกตรัมในช่วงอินฟราเรด ซึ่งการถ่ายภาพอินฟราเรดที่ดีที่สุดจะต้องอยู่ในที่แจ้งและโดนแสงแดดโดยตรง



รูปที่ 2.5 สเปกตรัมของแสงอาทิตย์ [8]

2.3.2 แสงหลอดไส้ทังสเตน (Tungsten light)

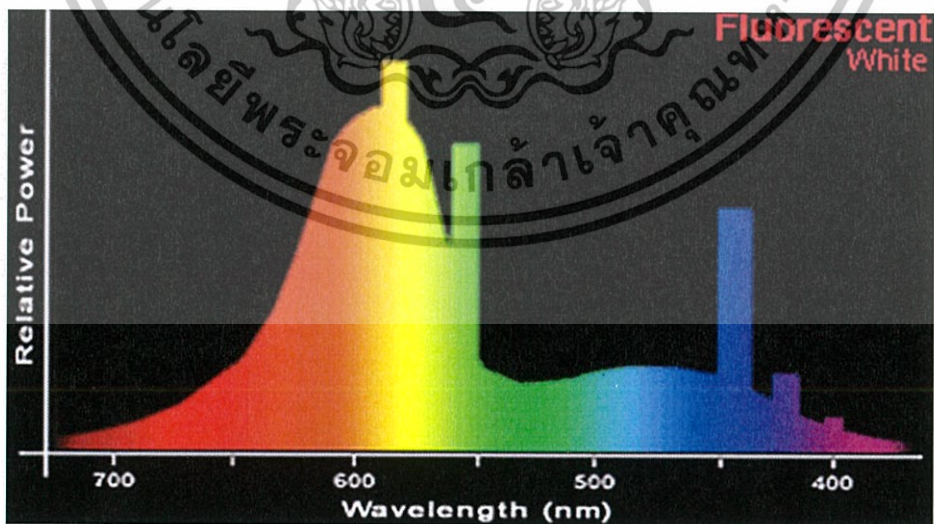
โดยปกติหลอดไส้ทังสเตนหรือหลอดไฟทังสเตน จะปล่อยแสงในย่านอินฟราเรดมากกว่าแสงในย่านที่ตามองเห็น โดยหลอดไฟทังสเตน 100 วัตต์ (Watts) จะให้แสงในย่านที่ตามองเห็นเพียง 1 วัตต์ ที่เหลืออีก 99 วัตต์ จะเป็นแสงอินฟราเรด



รูปที่ 2.6 สเปกตรัมหลอดไส้ทั้งสแตนด์ [22]

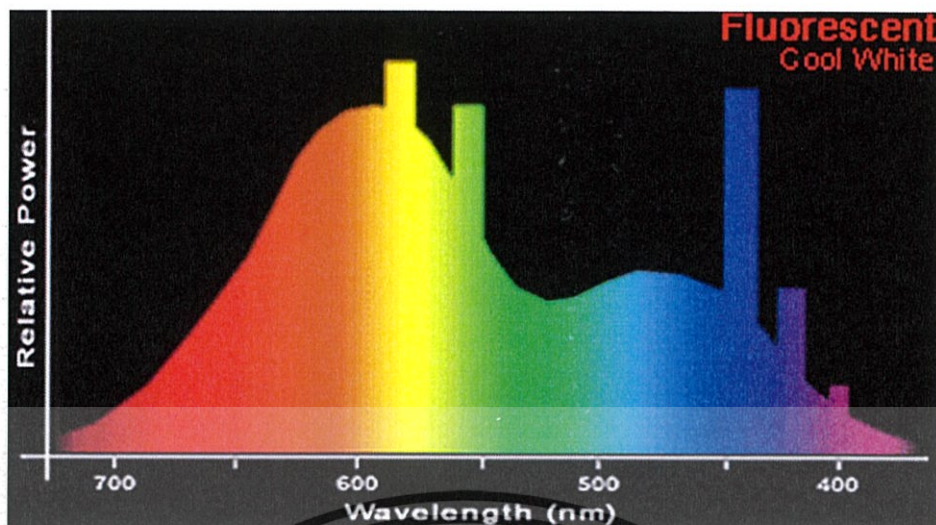
2.3.3 แสงหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent light)

หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ได้รับการออกแบบมาให้ประหยัดพลังงานและลดความร้อน โดยเฉพาะการเปล่งแสงในย่านที่มองไม่เห็น ซึ่งผลิตออกมาหลายรุ่น เช่น ชนิด White ชนิด Cool White ชนิด Warm White เป็นต้น ฉะนั้นหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์จะเปล่งแสงในย่านอินฟราเรดออกมาเพียงเล็กน้อย และเป็นแสงในย่าน Near Infrared และมีความเข้มที่ค่อนข้างต่ำ ดังรูปที่ 2.7 2.8 และ 2.9

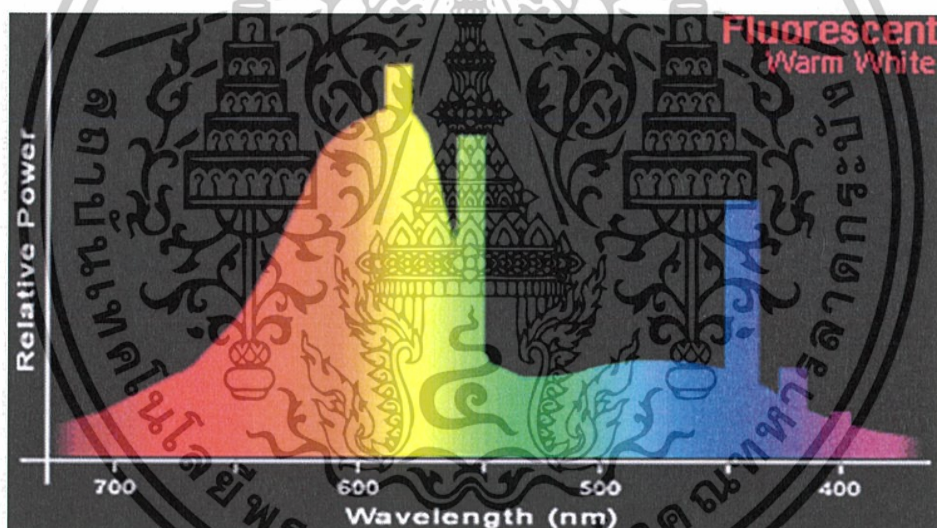


รูปที่ 2.7 สเปกตรัมหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ชนิด White [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 สเปกตรัมหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ชนิด Cool White [21]

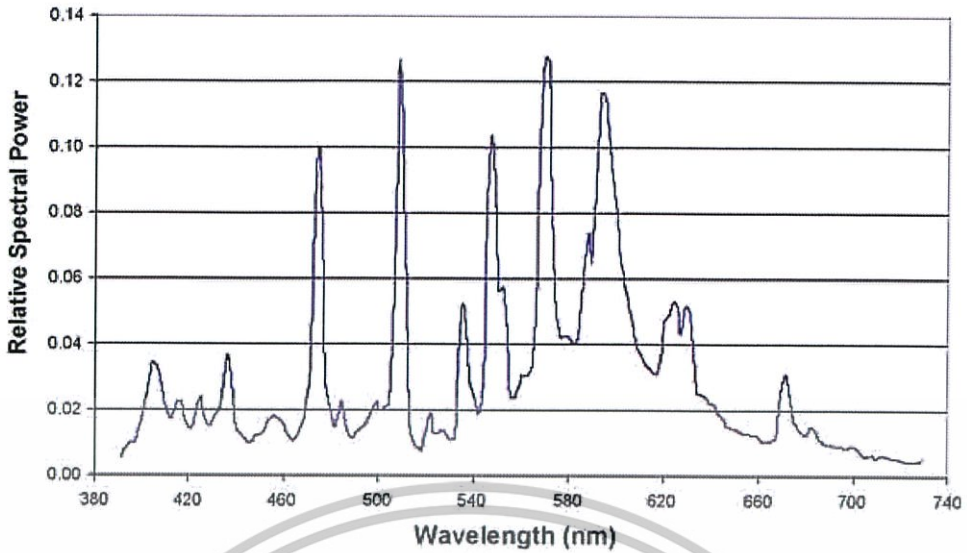


รูปที่ 2.9 สเปกตรัมหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ชนิด Warm White [21]

2.3.4 แสงไฟ HID

หลอดไฟ HID (High Intensity Discharge) ผลิตไฟฟ้าโดยการให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นผ่านก๊าซแรงดันสูง ปกติไฟแบบนี้จะถูกนำมาใช้ในห้างสรรพสินค้า สนามกีฬาหรือถนน HID เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ไม่ต่อเนื่องเช่นเดียวกับหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ จะเปล่งแสงส่วนใหญ่คือแสงในช่วงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรดในช่วง Near Infrared

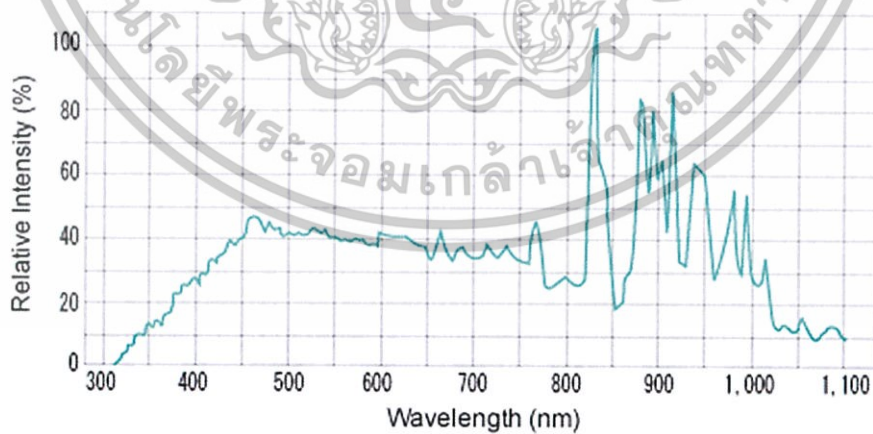
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 สเปกตรัมหลอดไฟ HID [17]

2.3.5 แสงแฟลชอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic flash light)

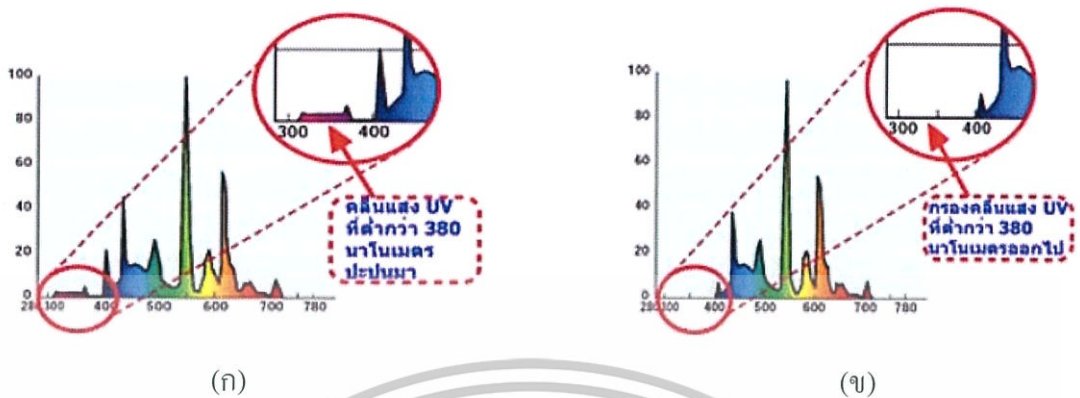
แสงแฟลชอิเล็กทรอนิกส์นั้นปล่อยแสงในย่าน Near infrared ออกมามาก่อนข้างมาก และก่อนข้างจะมีประโยชน์ในการถ่ายภาพอินฟราเรดนอกเหนือจากแสงอาทิตย์ และในบางกรณีจะช่วยให้แสงอินฟราเรดนั้นมีมากขึ้นกว่าความเป็นจริง



รูปที่ 2.11 สเปกตรัมของแสงแฟลช [25]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 แสงหลอดไฟไต้ยุง



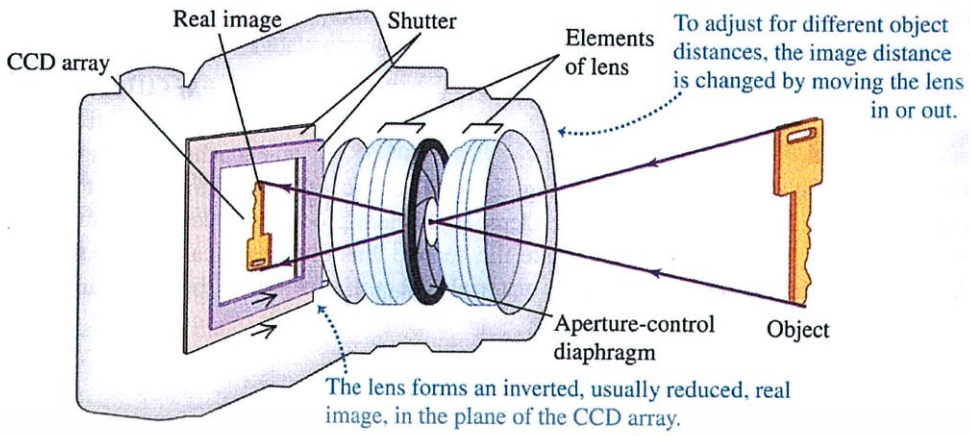
รูปที่ 2.12 สเปกตรัมของ (ก) หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ และ(ข) หลอดไฟไต้ยุง [12]

หลอดไฟไต้ยุงมีลักษณะเหมือนหลอดไฟในบ้าน เพียงแต่หลอดไฟไต้ยุง มีแสงสีเหลืองนวลกับสเปกตรัมพิเศษที่อ่อน ไหวกับสารประกอบของตาแมลง เช่น ยุง เมื่อยุงเห็นแสงนี้จะไม่เข้าใกล้ ทำให้ยุงไม่มารบกวนอีก โดยแสงนี้ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์

สรุปได้ว่าหลอดไฟทั่วไปมีแสงในย่านอัลตราไวโอเล็ต แมลงและยุงจึงมา ส่วนในหลอดไฟไต้ยุงนั้นจะเคลือบสารที่มีหน้าที่เป็นฟิลเตอร์ไม่ให้แสงในย่านอัลตราไวโอเล็ตปล่อยออกมา ตรงข้ามกับหลอดไฟ Black light สีม่วงที่เปล่งแสงส่วนใหญ่ในย่านอัลตราไวโอเล็ตเพื่อเป็นตัวล่อให้แมลงและยุงมา

2.4 กล้องถ่ายรูป

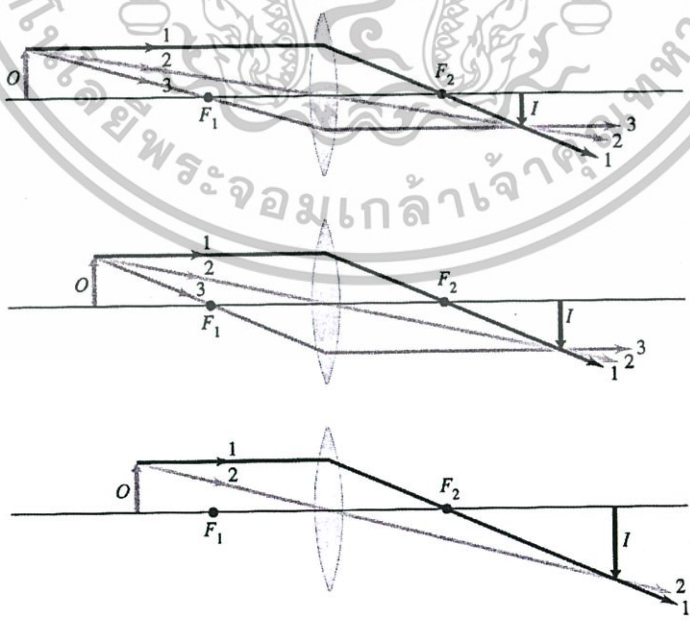
กล้องถ่ายรูปจัดอยู่ในกลุ่มของทัศนอุปกรณ์สามัญที่สุด กล้องถ่ายรูปสร้างภาพขนาดเล็กของวัตถุและบันทึกลงบนฟิล์ม ชั้นส่วนพื้นฐานของกล้องถ่ายรูป คือ เลนส์ตีบแสง (เลนส์นูน) กล้องที่บวม (“Camera”) ที่แปลว่ากล้องถ่ายรูปเป็นคำละตินที่แปลว่าห้องหรือบริเวณปิด) ฟิล์มไวแสงเพื่อบันทึกภาพ และชัตเตอร์เพื่อให้แสงจากเลนส์ตกกระทบฟิล์มตามช่วงเวลาที่กำหนด เลนส์ทำให้เกิดภาพจริงหัวกลับของวัตถุที่กำลังถูกถ่ายภาพบนฟิล์ม เลนส์กล้องคุณภาพสูงมีชิ้นส่วนหลายชิ้นที่ช่วยแก้ไขความคลาดต่างๆบางส่วน รวมทั้งการที่ดัชนีหักเหขึ้นกับความยาวคลื่นและข้อจำกัดที่เกิดจากการประมาณรังสีเชิงคณณ ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ชิ้นส่วนสำคัญของกล้อง DSLR [5]

เมื่อกล้องอยู่ในโฟกัสที่เหมาะสม ตำแหน่งของฟิล์มจะตรงกับตำแหน่งของภาพจริงที่เกิดจากเลนส์ ภาพถ่ายที่ได้จะคมชัดมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ สำหรับเลนส์ตีบแสง ระยะภาพจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะวัตถุลดลง ดังรูปที่ 2.14 ดังนั้นในการโฟกัสกล้องถ่ายรูป เลนส์จึงถูกเลื่อนเข้าใกล้ฟิล์มสำหรับวัตถุไกล และเลื่อนออกห่างจากฟิล์มสำหรับวัตถุใกล้

การเลือกความยาวโฟกัส f สำหรับเลนส์กล้องขึ้นกับขนาดของฟิล์มและความกว้างของมุมรับภาพ รูปที่ 2.15 แสดงภาพถ่าย 3 ภาพที่ถ่ายบนฟิล์มขนาด 35 มิลลิเมตร ด้วยกล้องเดียวกัน ที่ตำแหน่งเดียวกัน แต่ด้วยเลนส์ความยาวโฟกัสต่างกัน



รูปที่ 2.14 ระยะภาพผ่านเลนส์ตีบแสงที่เกิดจากวัตถุซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งต่างๆ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

50 mm.



(ข)

35 mm.



(ค)

24 mm.

รูปที่ 2.15 ภาพถ่ายที่ใช้เลนส์ ที่มีความยาวโฟกัสต่างกัน [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 หลักการทำงานของกล้อง

หลักการทำงานของกล้องถ่ายภาพหรือหลักการบันทึกภาพของกล้อง อาศัยหลักการเดียวกันกับการมองเห็นของนัยน์ตามนุษย์ นั่นคือ การรับภาพจากแสงที่สะท้อนวัตถุมายังตาเรา และแสงที่ว่่านี้หมายรวมถึงแสงจากธรรมชาติและจากไฟประดิษฐ์ทั้งหลายทั้งมวล ตอนกลางวันแสงหลักที่เราใช้ในการถ่ายภาพ คือ แสงจากดวงอาทิตย์ ยกเว้นการถ่ายภาพในอาคารที่อาศัยแสงจากหลอดไฟ ส่วนตอนกลางคืนแสงหลักส่วนใหญ่จะเป็นแสงจากหลอดไฟต่างๆ แสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ที่เราเห็นเป็นแสงสีขาว เกิดจากการรวมตัวของแสงสีต่างๆ หรือที่เรียกว่า "สเปกตรัมของแสง" เราพิสูจน์เรื่องนี้ได้โดยใช้แท่งแก้วปริซึมใส (Prism) มาช่วยทำการหักเหแสง เพื่อให้เห็นปรากฏการณ์ที่ว่่านี้ โดยใช้ไฟฉายส่องผ่านปริซึม เมื่อแสงส่องผ่านออกมาอีกด้านของปริซึม เราจะเห็นเป็นสีต่างๆ คล้ายกับสีของรุ้งกินน้ำตอนฝนตก

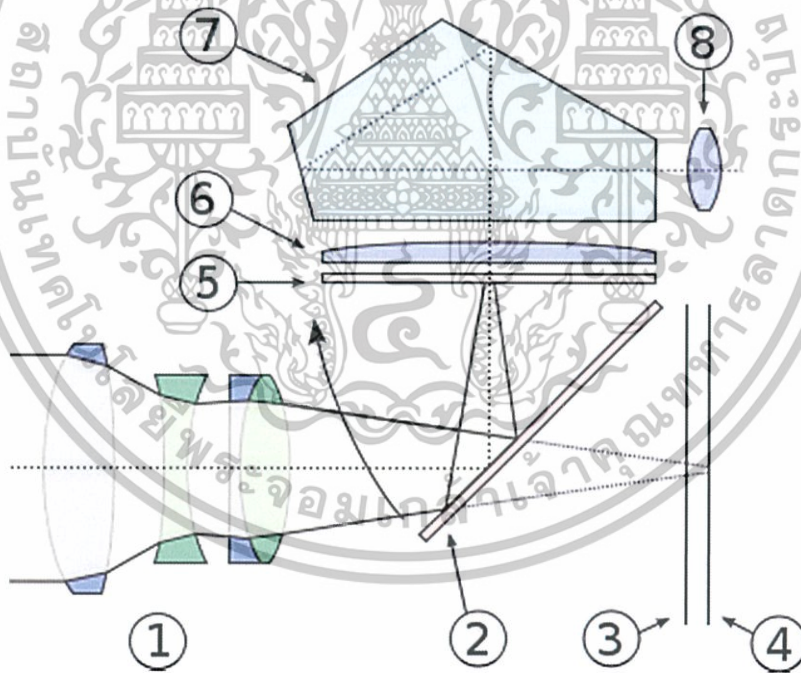
สีต้นของวัตถุต่างๆ ที่เราเห็นอธิบายได้จากปรากฏการณ์ที่ว่่านี้ วัตถุแต่ละชนิดมีคุณสมบัติการดูดกลืนและสะท้อนแสงสีที่ต่างกัน เช่น วัตถุที่เราเห็นเป็นสีแดง หมายถึงวัตถุนั้นสามารถดูดกลืนแสงสีอื่นไว้ได้ยกเว้นแสงสีแดง จึงสะท้อนออกมาทำให้เรามองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีแดง วัตถุสีขาวก็คือวัตถุที่มีคุณสมบัติสะท้อนแสงได้ดี จึงสะท้อนแสงสีต่างๆ ออกมาเกือบทั้งหมด เราจึงเห็นวัตถุนั้นเป็นสีขาวตรงกันข้ามวัตถุบางอย่างสามารถดูดกลืนแสงสีต่างๆ ได้เกือบทั้งหมดและแทบจะไม่สะท้อนแสงสีใดๆออกมาเลย เราก็จะมองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีดำ นั่นเป็นเหตุผลว่าทำไมเราจึงได้รับคำแนะนำว่าไม่ควรใส่เสื้อผ้าสีดำออกแดดในตอนกลางวัน เพราะมันไม่มีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงเลย มันจึงเก็บรับเอาความร้อนจากแสงไว้ และทำให้เรารู้สึกร้อนมากขึ้นนั่นเอง

2.4.2 กลไกการทำงาน

การทำงานของกล้องถ่ายภาพก็อาศัยหลักการนี้เช่นเดียวกัน นั่นคือเมื่อแสงส่องกระทบวัตถุสะท้อนมายังกล้อง เลนส์ของกล้องซึ่งทำหน้าที่แทนเลนส์ตาของมนุษย์ จะทำหน้าที่รวมแสงและส่งผ่านไปยังเซนเซอร์รับแสง โดยมีกลีบม่านหรือไคอะแฟรมในตัวเลนส์ทำหน้าที่หรี่หรือขยายออกเพื่อควบคุมปริมาณแสงที่จะส่งผ่านไปยังเซนเซอร์รับแสง คล้ายกับม่านตาของมนุษย์ เราเรียกขนาดของไคอะแฟรมนี้ว่า "รูรับแสง (Aperture)" นอกจากนี้ยังมีม่านชัตเตอร์ในตัวกล้องคอยคุมเวลาเปิด-ปิดการรับแสงเช่นเดียวกับเปลือกตาของคนเรา เราเรียกช่วงเวลาการเปิด-ปิดของม่าน ชัตเตอร์ว่า "ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed)" เมื่อแสงส่องผ่านรูรับแสงและม่านชัตเตอร์ไปยังเซนเซอร์รับแสง แสงสีต่างๆจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าและเปลี่ยนเป็นสัญญาณภาพในรหัส ดิจิตอล เพื่อส่งผ่านไปเก็บบันทึกไว้ในหน่วยความจำ (Memory Card) ต่อไปสำหรับ กล้อง DSLR จะแตกต่างจากกล้องคอมแพค (Compact Camera) กล้องคอมแพคจะมีขนาดเล็กซึ่งออกแบบให้สามารถมองเห็นภาพจากจอ LCD ได้โดยตรง ส่วนกล้อง DSLR จะใช้การมองเห็นภาพจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องมอง (Viewfinder) เป็นหลัก โดยอาศัยกระจกสะท้อนภาพซึ่งอยู่หน้าม่านชัตเตอร์ วางเฉียง สะท้อนภาพขึ้นด้านบนเพื่อส่งภาพมายังช่องมองดังนั้น จะเห็นว่าแสงคือปัจจัยหลักที่ทำให้เราสามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ และทำให้เราสามารถบันทึกภาพได้ ปริมาณแสงจึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ต่อกระบวนการทั้งหมด สายตาของมนุษย์สามารถควบคุมปริมาณแสงได้ด้วยการสั่งงานของระบบ สมองและประสาทตา ในสภาพแสงที่เจิดจ้าม่านตาเราจะหรี่ลงโดยอัตโนมัติเพื่อลดปริมาณแสงให้พอ เหมาะต่อการเห็นภาพ แต่ถ้าหากปริมาณแสงมีมากเกินไปจนอาจเป็นอันตรายต่อนัยน์ตาได้ สมอง ก็จะสั่งให้เราหลับตาลงทันที ตรงกันข้ามเมื่ออยู่ในที่แสงน้อยหรือในตอนกลางคืน ม่านตาเราจะขยายเพื่อเปิดรับแสงให้มากที่สุดเพื่อให้เราสามารถมองเห็นแม้แต่ในที่ที่มีแสงน้อยมากในตอน กลางคืน กลไกทั้งหมดเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติจากการสั่งงานของสมองในการถ่ายภาพถึงแม้ว่า กล้อง จะไม่มีสมองสั่งการเช่นเดียวกับคนเรา แต่บรรดาผู้ผลิตต่างก็พยายามคิดค้นสมองกลเพื่อช่วยในการ ควบคุมการเปิดรับแสง ของกล้องให้รองรับการใช้งานในทุกสภาวะแสงได้อย่างเหมาะสม กล้องใน ปัจจุบันมีระบบคำนวณค่าแสงอัจฉริยะที่ทำงานได้อย่างยอดเยี่ยม พร้อมระบบควบคุมการเปิดรับ แสงอัตโนมัติที่มีให้เลือกใช้มากมาย เพื่อให้ได้ผลของภาพที่สมบูรณ์แบบ



รูปที่ 2.16 เส้นทางเดินของแสงภายในกล้องดิจิทัลชนิดสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว [2]

หลักการทำงานของกล้อง DSLR นั้นจะใช้กระจกสะท้อน เส้นทางเดินของแสง ภายในกล้องจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.16 โดยแสงจะเดินทางผ่านเลนส์ (1) และสะท้อนผ่านกระจก สะท้อนภาพ (2) และฉายลงบนแผ่นปรับโฟกัส (5) จากนั้นทำการลดขนาดของภาพผ่านเลนส์ลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดภาพ (6) และสะท้อนในปริซึมห้าเหลี่ยม ทำให้ภาพปรากฏที่ช่องมองภาพ (8) เมื่อกดปุ่มชัตเตอร์จะทำให้กระจกสะท้อนยกตัวขึ้นตามลูกศรขึ้นไปและช่องระบายโพกัส (3) เปิดออก และภาพฉายลงบนเซนเซอร์รับแสง (4) เช่นเดียวกับที่ปรากฏบนระนาบโพกัส

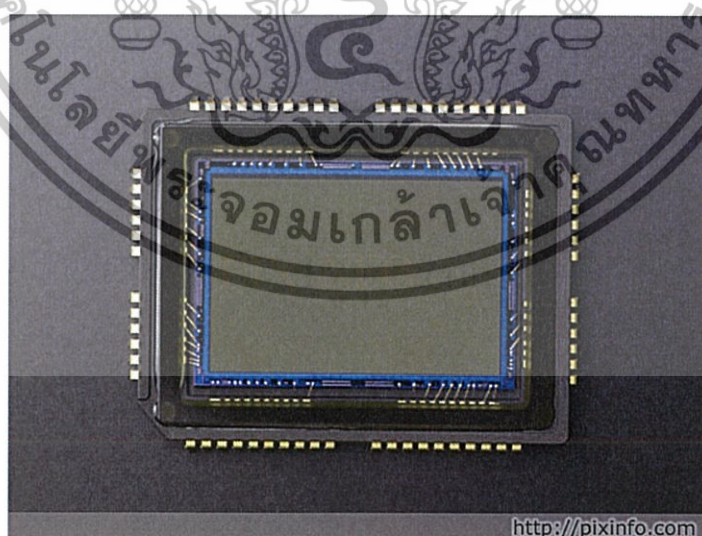
2.4.3 ขนาดของเซนเซอร์รับแสงและคุณภาพของภาพ

ขนาดของเซนเซอร์รับแสง ในกล้อง DSLR จะมีขนาดใหญ่กว่ากล้องคอมแพค และกล้องโปรคอนซูเมอร์ (Pro-Consumer camera) การที่กล้อง DSLR มีขนาดเซนเซอร์ที่ใหญ่ขึ้น ทำให้คุณภาพของภาพสูงขึ้น มีจุดรบกวนต่ำ (Noise) มีความชัดตื้น ความไวแสง (ISO) ที่เพิ่มขึ้นในการรับภาพและมีช่วงการรับแสง (Dynamic Range) กว้างขึ้น ในกล้อง DSLR โดยทั่วไปจะมีขนาดเซนเซอร์รับแสงที่ขนาด APS หรือ 22mm x 15mm เล็กกว่าขนาด APS-C เล็กน้อย แต่เล็กกว่าฟิล์ม 35 mm ค่อนข้างมาก แต่กล้อง DSLR ระดับสูง ก็จะมีเซนเซอร์รับแสงเท่าฟิล์ม 35 mm ซึ่งเราเรียกกันจนติดปากว่า “กล้องฟูลเฟรม (Full frame)” นั่นเอง

2.4.4 ชนิดของเซนเซอร์รับแสง

โดยทั่วไปจะพบชนิดของเซนเซอร์รับแสงอยู่ 3 ชนิด คือ CCD, CMOS และ MOS

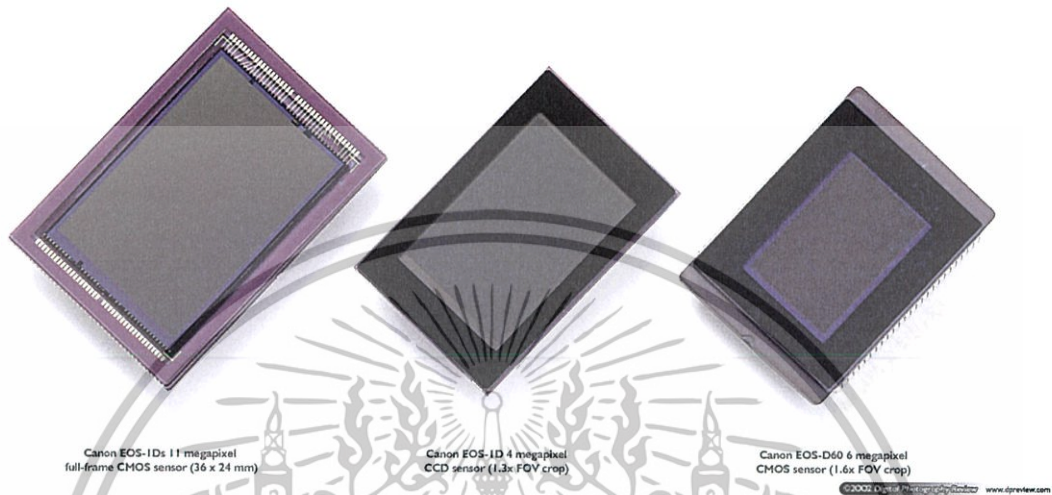
- CCD (Charge Coupled Device) เป็นรูปแบบของเซนเซอร์ที่ให้ช่วงการรับแสงของแสงที่ดีและอ่อนไหวต่อสี ทำให้ถูกใช้อย่างแพร่หลายกว่าชนิดอื่นๆ แต่ข้อเสียของเซนเซอร์รับแสงชนิดนี้คือการบริโภคพลังงานที่สูง และมีคอสมอติกเรย์ที่เปล่งสัญญาณที่ซับซ้อน



รูปที่ 2.17 เซนเซอร์รับแสงชนิด CCD [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) ในสมัยก่อน เซนเซอร์รับแสงชนิดนี้มีสัญญาณรบกวนค่อนข้างมากเนื่องจากมีความไวแสงที่ต่ำ แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้มีความสามารถดีขึ้น และส่งผ่านด้านข้อมูลได้เร็วขึ้น



รูปที่ 2.18 เซนเซอร์รับแสงชนิด CMOS ของกล้องยี่ห้อ Canon รุ่น EOS-1Ds (ด้านซ้ายสุด) [14]

- MOS (Metal Oxide Semiconductor) มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ CMOS แต่ไม่มีคุณสมบัติการประหยัดพลังงาน

2.4.5 รูรับแสง

ในการถ่ายภาพทุกภาพ จะต้องควบคุมระยะเวลาในการรับแสงของฟิล์มหรือเซนเซอร์รับแสง (Image Sensor) เหมือนกับการเปิดน้ำใส่ถัง โดยกลไกที่ใช้ควบคุมระยะเวลาก็คือรูรับแสง (Aperture) และ ชัตเตอร์ (Shutter)

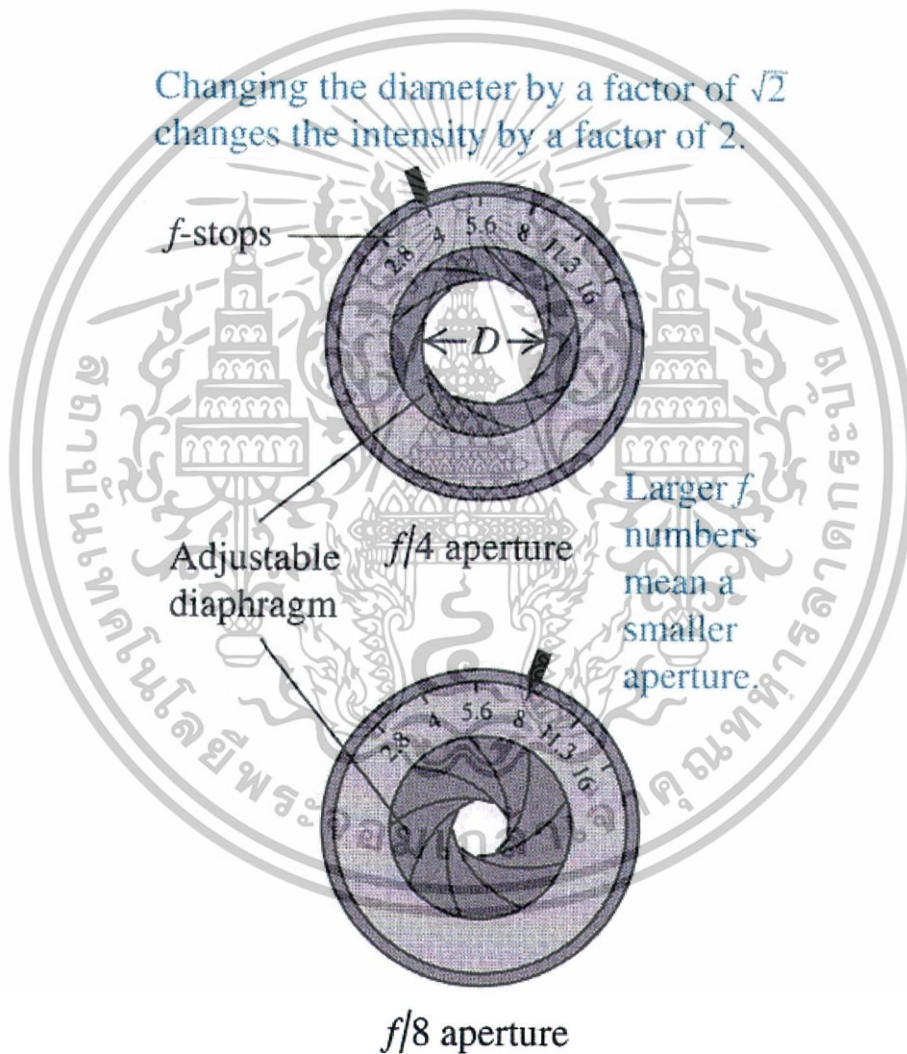
รูรับแสง (Aperture) เป็นชิ้นส่วนที่อยู่ภายในเลนส์ ของกล้อง โดยรูรับแสงสามารถปรับให้เปิดกว้างหรือเล็กลง ซึ่งจะมีผลทำให้แสงผ่านเข้ามาในเลนส์ได้มาก หรือน้อยตามไปด้วย

การปรับรูรับแสงนั้นทำได้จากปุ่มบนตัวกล้อง โดยเลือกโหมดการทำงานของกล้องเป็นโหมด Av หรือ M จากนั้น ก็ปรับปุ่มรูรับแสงบนตัวกล้อง ขนาดของรูรับแสงที่ปรับได้นั้นจะขึ้นอยู่กับเลนส์ โดยเลนส์แต่ละตัวจะมีค่ารูรับแสงกว้างสุดกับแคบสุดกำหนดไว้

การทำความเข้าใจในเรื่องนี้ มีอยู่ 3 เรื่องที่เกี่ยวกันอยู่ ได้แก่ รูรับแสง แผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) และ เอฟสตอป (f-stop) หรือ เอฟนัมเบอร์ (f-number)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) รูรับแสง (Aperture) หมายถึง ช่องรับแสงของแผ่นไดอะแฟรมที่อยู่ภายใน กระจกเลนส์เพื่อควบคุมปริมาณแสงให้ มีปริมาณแสงมากน้อยตามต้องการ จะสามารถหรี่ให้เล็ก หรือขยายให้ใหญ่เพื่อเป็นการควบคุมปริมาณแสงสว่างที่ ส่องผ่านมาจากเลนส์แล้วส่งต่อไปถึงฟิล์ม ซึ่งมีความสัมพันธ์กันระหว่างแผ่นไดอะแฟรม รูรับแสง และเอฟสตอป ภายในกระจกเลนส์จะมี ม่านไดอะแฟรม ทำด้วยแผ่นโลหะบางๆ จัดเป็นชุดเรียงซ้อนประกอบกันเพื่อให้เกิดเป็นช่องว่าง ตรงศูนย์กลาง ม่านเลนส์หรือช่องว่างนี้ ม่านเลนส์ที่หรี่หรือเล็กแสงจะผ่านได้น้อยถ้าขยายตัวให้เป็นรู ขนาดใหญ่ปริมาณ ของแสงก็จะผ่านได้มาก การที่ม่านเลนส์หรี่หรือขยาย ตัวให้เกิดเป็นรูหรือช่อง ขนาดต่างๆ นั้น เรียกว่า “ขนาดรูรับแสง (Aperture Stop)”

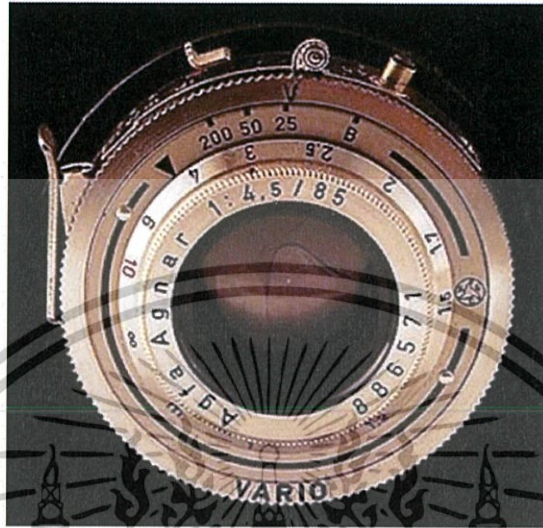


รูปที่ 2.19 รูรับแสง [5]

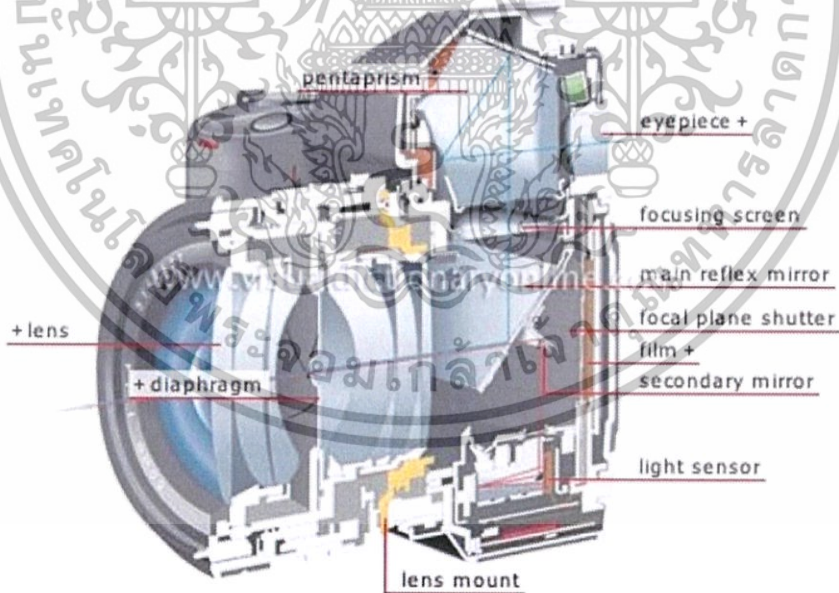
2) แผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) เป็นกลไกอย่างหนึ่งอยู่ในกระจกเลนส์ มีลักษณะเป็นแผ่นโลหะสีดำบางๆ หลายแผ่นเรียงซ้อนกันเป็นกลีบ มีช่องตรงกลางสามารถปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดใหญ่กว้าง หรือแคบได้เรียกว่า “รูรับแสง” เพื่อควบคุมปริมาณแสงที่ส่งผ่านเลนส์ ไปยังฟิล์ม หรือเซนเซอร์รับแสง ได้มากน้อยตามความต้องการ การปรับขนาดรูรับแสง ใช้การปรับที่วงแหวนรูรับแสงบนกระบอกเลนส์



รูปที่ 2.20 ลักษณะแผ่นไดอะแฟรม [2]

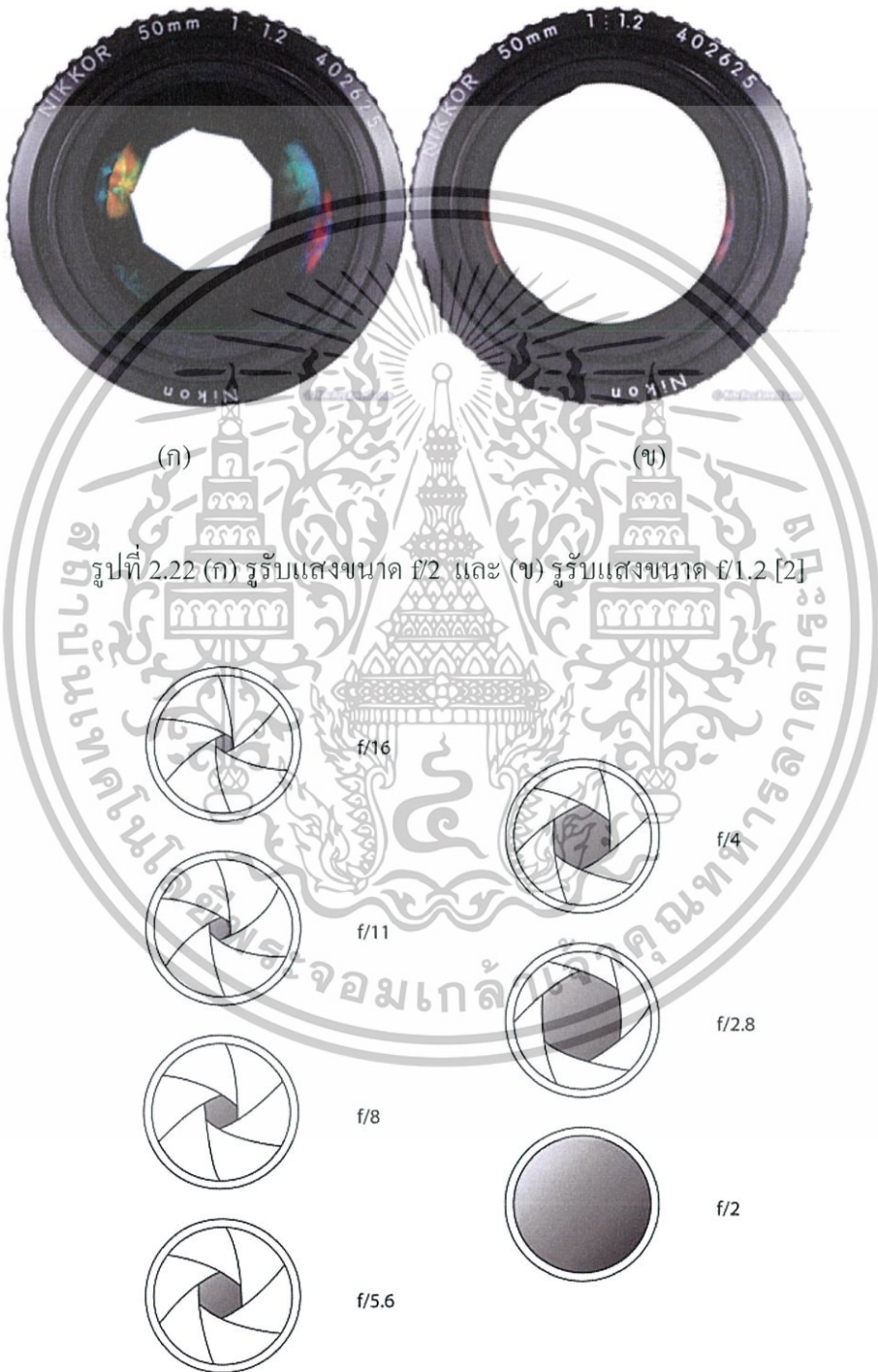


รูปที่ 2.21 ตำแหน่งติดตั้งของแผ่นไดอะแฟรม [2]

3) ขนาดรูรับแสง (Aperture stop) เป็นช่องเปิดของแผ่นไดอะแฟรมให้มีขนาดต่าง ๆ ตามต้องการ เช่น เมื่อต้องการให้แสงเข้ามาาก็เปิดรูรับแสงให้มีขนาดใหญ่ ในทางตรงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าม ถ้าต้องการปริมาณแสงเข้าไปถูกฟิล์มน้อยก็เปิดรูให้เล็กลง ขนาดของรูรับแสงแตกต่างกันนี้ รูรับแสงแต่ละขนาดจะมีตัวเลขกำหนดเอาไว้ ทุกขนาด เพื่อจะได้ใช้เป็นที่ยังเกตได้สะดวกซึ่งตัวเลขนี้จะเป็นวงแหวน ติดอยู่ที่ตัวเลนส์เรียกตัวเลขต่าง ๆ ว่า เอฟสตอป (f-stop) หรือ เอฟนัมเบอร์ (f-number)



รูปที่ 2.23 ความกว้างของรูรับแสงขนาดต่างๆ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเลนส์แต่ละตัวจะมีค่ารูรับแสงกว้างสุดและแคบสุดไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการออกแบบ เลนส์ที่มีขนาดรูรับแสงกว้างมากจะมีราคาสูงกว่า เมื่อเทียบกับเลนส์ที่มีขนาดความยาวโฟกัสเท่ากันแต่ค่ารูรับแสงกว้างสุด แคบกว่า เนื่องจากเลนส์ที่มีค่ารูรับแสงกว้างมากจำเป็นต้องใช้ชิ้นเลนส์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อการรวมแสงที่ดีต้องได้รับการออกแบบเป็นพิเศษ และแน่นอนขนาดและน้ำหนักก็จะมากตามไปด้วย

ขนาดรูรับแสงที่กว้างกว่าหมายถึง โอกาสที่จะได้ภาพนั้นมีมากขึ้นด้วย เมื่อจำเป็นต้องถ่ายภาพในสภาวะแสงน้อย เลนส์ที่สามารถเปิดรับแสงได้มากกว่า ย่อมมีโอกาสได้ภาพมากกว่า

ความเข้มของแสงที่ไปถึงฟิล์มเป็นสัดส่วนกับพื้นที่ซึ่งเห็น โดยเลนส์คล้องกับพื้นที่ยังผลของเลนส์ ขนาดของพื้นที่ซึ่งเลนส์เห็นเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของมุมรับภาพของเลนส์ และดังนั้นเป็นสัดส่วนโดยประมาณกับ $1/f^2$ พื้นที่ยังผลของเลนส์ถูกควบคุมด้วยช่องรับแสงของเลนส์ที่ปรับได้ หรือไดอะแฟรม ซึ่งเป็นรูเกือบกลมที่เส้นผ่านศูนย์กลาง D ปรับค่าได้ ดังนั้นพื้นที่ยังผลเป็นสัดส่วนกับ D^2 เมื่อรวมปัจจัยเหล่านี้เข้าด้วยกัน เราเห็นว่าความเข้มของแสงที่ไปถึงฟิล์มด้วยเลนส์หนึ่งๆ เป็นสัดส่วนกับ D^2/f^2 เรามักบอกความสามารถในการรวมแสงของเลนส์ในรูปของอัตราส่วน f/D ที่เรียกว่า “เลขเอฟ (f-number)” ของเลนส์ ดังสมการที่ (2.2)

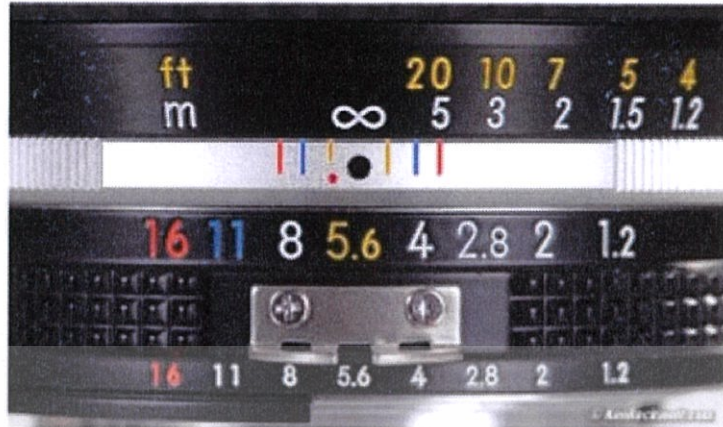
$$F\text{-number} = \frac{\text{Focal length}}{\text{Aperture diameter}} = \frac{f}{D} \quad (2.2)$$

2.4.5.1 การใช้งานและประโยชน์จากการปรับตั้งค่ารูรับแสง

ค่าเอฟสตอป หรือ ขนาดรูรับแสง คือค่าการเปิดรับแสงของเลนส์ โดยใช้กิลิปมันหรือ ไดอะแฟรมที่อยู่ภายในกระบอกเลนส์เป็นตัวควบคุม ในยุคแรกๆของกล้องถ่ายภาพ ค่ารูรับแสงจะแบ่งเป็นขั้นละหนึ่งสตอป การควบคุมขนาดรูรับแสงทำได้ด้วยการหมุนวงแหวนปรับรูรับแสงที่ตัวเลนส์โดยตรง เนื่องจากเลนส์ยุคก่อนเป็นระบบกลไกล้วน

การปรับขนาดรูรับแสง สำหรับเลนส์ของกล้องฟิล์ม จะมีวงแหวนปรับขนาดรูรับแสง ที่แสดงค่าเอฟสตอป (f-stop) ที่กระบอกเลนส์ และมีสัญลักษณ์บอกขอบเขตระยะชัดตามขนาดรูรับแสงไว้ด้วย

ต่อมาได้มีการพัฒนาเลนส์สำหรับกล้องดิจิทัล โดยใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์เป็นตัวควบคุมและสั่งการได้โดยหมุนวงล้อปรับขนาดรูรับแสงที่ตัวกล้อง เราจึงไม่เห็นวงแหวนปรับรูรับแสงในเลนส์รุ่นใหม่ๆ ที่ผลิตออกมา การเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้เราสามารถปรับขนาดรูรับแสงได้อย่างละเอียดขึ้น โดย แบ่งเป็นขั้นละ 1/3 สตอป หรือ 1/2 สตอป ต่างจากเลนส์แมคคานิก ที่เป็นกลไกล้วนโดยมากจะปรับได้ขั้นละ 1 หรือ 1/2 สตอป



รูปที่ 2.24 วงแหวนปรับขนาดรูรับแสงในกล้องฟิล์ม (SLR) [13]



รูปที่ 2.25 การปรับขนาดรูรับแสงในกล้อง DSLR [13]

ตัวอย่างค่ารูรับแสงที่แบ่งเป็นขั้นละ 1 สตอป จะมีดังนี้ $f/1, f/1.4, f/2, f/2.8, f/4, f/5.6, f/8, f/11, f/16, f/22, f/32, f/45, f/64$

ตัวเลข แสดงค่ารูรับแสงจะให้ผลตรงกันข้ามกับปริมาณการเปิดรับแสงของเลนส์ เช่น ค่ารูรับแสง $f/2$ จะให้ปริมาณแสงมากกว่าขนาดรูรับแสง $f/2.8$ อยู่ 1 สตอป มากกว่า $f/4$ อยู่ 2 สตอปหมายความว่ายิ่งเลือกใช้ค่ารูรับแสงมากขึ้น ม่านโคอะแฟรมในตัวเลนส์ก็จะยิ่งหรี่เล็กลง แสงจะผ่านไปยังเซนเซอร์ได้น้อย เพื่อไม่ให้สับสนควรจำให้ได้ว่า ค่าตัวเลขน้อยขนาดรูรับแสงกว้าง ค่า

ตัวเลขมากขนาดรูรับแสงแคบ แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีเลนส์บางรุ่นของกล้องดิจิทัล ที่ยังคงมีวงแหวนปรับขนาดรูรับแสง



รูปที่ 2.26 วงแหวนปรับขนาดรูรับแสงในกล้อง DSLR บางรุ่น [13]

2.4.5.2 ตารางแสดงค่ารูรับแสง

- STANDARD FULL STOP F-NUMBER SCALE (ขนาดรูรับแสงมาตรฐานขั้นละ 1 สตอป)

ตารางที่ 2.2 ขนาดรูรับแสงมาตรฐาน ขั้นละ 1 สตอป

f-stop	0.5	0.7	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	5.6	8.0	11	16
	22	32	45	64	90	128					

- ONE-HALF-STOP F-NUMBER SCALE (ขนาดรูรับแสงขั้นละ 1/2 สตอป)

ตารางที่ 2.3 ขนาดรูรับแสง ขั้นละ 1/2 สตอป

f-stop	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.3	4.0	4.8	5.6
	6.7	8.0	9.5	11	13	16	19	22			

- ONE-THIRD-STOP F-NUMBER SCALE (ขนาดรูรับแสงขั้นละ 1/3 สตอป)

ตารางที่ 2.4 ขนาดรูรับแสง ขั้นละ 1/3 สตอป

f-stop	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.3
	3.5	4.0	4.5	5.0	6.3	7.1	8.0	9.0	10	11	

2.4.6 ความไวแสง (ISO)

ความไวแสงที่มีในกล้องดิจิทัล หรือ ค่าเซนเซอร์รับแสง (Image Sensor) ในการรับแสง ซึ่งตัวเลขมีค่ามาก ความไวต่อการรับแสงก็มากขึ้นไปด้วย ทำให้ผู้ถ่ายรูปได้ความเร็วชัตเตอร์ที่เพิ่มขึ้นด้วย และสามารถที่จะถ่ายในที่ที่มีความไวแสงสูงๆ เช่น คนวิ่ง เด็กกระโดดน้ำ แต่การใช้ ISO สูงขึ้นนั้นจะทำให้เกิดจุดรบกวน ซึ่งทำให้คุณภาพของภาพลดลงตามไปด้วย

ซึ่งค่า ISO นั้นจะขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานกล้องดิจิทัลนั้นเป็นผู้ปรับ โดยส่วนมากนั้นจะมีค่า ISO ดังนี้

1. AUTO ISO กล้องจะจัดการปรับค่า ISO ให้เอง โดยอัตโนมัติ โดยขึ้นกับวัตถุที่เราจะทำการถ่าย
2. ISO 100 มันนิยมใช้ในที่กลางแจ้ง สว่างมากๆ การใช้ ISO 100 จะทำให้มีสัญญาณรบกวนที่ต่ำทำให้คุณภาพของภาพดีมาก
3. ISO 200 เหมาะกับงานในร่มที่ไม่มีตมมากนัก คุณภาพจัดว่าดี แต่เริ่มมีสัญญาณรบกวนเข้ามา (Noise)
4. ISO 400 มักใช้ในงานที่อยู่ในร่ม มีความมืดพอสมควร คุณภาพของภาพยังถือว่าดีอยู่แต่สัญญาณรบกวน (Noise) มีสูงขึ้นแต่ยังพอรับได้
5. ISO 800 มักใช้ในงานที่มีสภาพแสงน้อย หรือปรับค่าให้มีความเร็วสูงๆ เพื่อเพิ่มความเร็ว ทำให้มีสัญญาณรบกวนมาก ภาพอาจจะไม่เนียนตา แต่เน้นความคมชัด
6. ISO 1600 มักเป็นสภาพแสงที่มีแสงน้อยมาก สัญญาณรบกวนมีสูง จะมีเม็ดเล็กๆ ขึ้นมาแต่อาจยังพอรับได้
7. ISO 3200 มักอยู่ในสถานที่ที่มีแสงน้อยมากๆ ภาพที่ออกมาจะมีสัญญาณรบกวนที่สูง ภาพอาจมีจุดๆที่เกิดขึ้นจากสัญญาณรบกวน (Noise) การใช้ ISO 3200 นั้น เน้นการได้ภาพเป็นหลัก

2.5 การประยุกต์เข้ากับนิติวิทยาศาสตร์

2.5.1 ความหมายและความสำคัญของนิติวิทยาศาสตร์

ในปัจจุบันนี้ ปัญหาทางด้านอาชญากรรมขึ้นมากมาย ซึ่งการที่จะเอาตัวผู้กระทำผิดที่แท้จริงมาลงโทษตามกระบวนการยุติธรรมนั้น เป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะจะต้องมีการรวบรวมพยานหลักฐานมายืนยันให้สามารถพิสูจน์ความผิดได้ อย่างชัดเจน ดังนั้นในประเทศที่พัฒนาแล้ว อาทิเช่น ประเทศญี่ปุ่น ยุโรปและสหรัฐอเมริกา จึงมีการนำเอาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างๆ มาพัฒนาใช้ในการตรวจพิสูจน์หลักฐานต่างๆ ให้ได้ผลที่ถูกต้องแท้จริงตามหลัก วิทยาศาสตร์ ซึ่งได้ผลอย่างดียิ่งในการสืบสวนคดีตามหาคนร้ายต่างๆ โดยเฉพาะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศญี่ปุ่น เมื่อเกิดคดีฆาตกรรมเกิดขึ้น สามารถจับกุมคนร้ายได้ถึง 90% โดยการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ค้นคว้าวิจัยและผลิตขึ้นอย่างทันสมัย ผสานกับหลักนิติวิทยาศาสตร์นี้ ให้บรรลุผลได้เป็นอย่างมาก ฉะนั้นคำว่านิติวิทยาศาสตร์ หมายถึง “การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขามาประยุกต์ใช้ เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงในคดีความเพื่อผลในการบังคับใช้กฎหมายและการลงโทษ”

โดยทั่วไปการพิจารณาประเภทของพยานวัตถุและจุดประสงค์ในการตรวจพิสูจน์สามารถแยกวิธีการออกได้ดังนี้

1. การตรวจโดยวิธีทางเคมี และชีววิทยา (Chemical and Biological Analysis)
2. การตรวจโดยใช้วิธีทางกายภาพ (Physical Experiments)
3. การตรวจโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ (Instrumental Analysis)

โดยสรุปแล้ว นิติวิทยาศาสตร์ เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิชาการทางด้านต่างๆ ผสมเข้ากับการบังคับใช้ทางกฎหมาย เพื่อเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการยุติธรรม ให้สามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้เสียหาย และผู้ต้องหาได้เป็นอย่างดี ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ที่ประเทศไทยจะต้องส่งเสริมให้มีการพัฒนา ทางด้านการตรวจวิเคราะห์ต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น รวมถึงการนำเอานิติวิทยาศาสตร์นี้มา ส่งเสริมกระบวนการยุติธรรมของประเทศไทยให้ทัดเทียมกับอารยประเทศ ซึ่งจะส่งผลอย่างดียิ่งต่อประชาชนคนไทยในท้ายที่สุด

2.5.2 การถ่ายภาพกับนิติวิทยาศาสตร์

การถ่ายภาพที่เกิดเหตุในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ เป็นเสมือนเรื่องย่อของเหตุการณ์ หรือรายละเอียดที่ใช้เป็นพยานหลักฐานในการพิจารณาของศาล ซึ่งการปรากฏของที่เกิดเหตุด้วยภาพถ่ายนั้น ถูกบันทึกไว้เช่นเดียวกับพยานบุคคล ทำให้ทั้ง อัยการ ศาลและทนายความ มีความกระจำจัดในเหตุการณ์ สถานที่เกิดเหตุย่อมไม่สามารถอยู่คงทนถาวรได้ตลอดเวลาพิจารณาคดี สถานที่เกิดเหตุ นั้น อาจถูกเปลี่ยนแปลงได้มากพอกับที่อาจจะถูกสร้าง ขึ้นมาใหม่ ภาพถ่ายจึงเป็นพยาน หลักฐานเพียงชนิดเดียวของสถานที่เกิดเหตุ จากประวัติศาสตร์การสอบสวนที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่ามีคดีอาชญากรรมจำนวนไม่น้อย ที่ประสบกับความล้มเหลว เนื่องจากการที่ไม่สามารถแสดงความจริงของสถานที่เกิดเหตุ การถ่ายภาพที่ดีจึงเป็นการเตรียมการที่ดีเพียงพอที่จะแสดงความจริงของสถานที่เกิดเหตุ

บรรดาภาพถ่ายที่ดี ก็คือการทำให้สถานที่เกิดเหตุ นั้นดำรงอยู่ได้ ตลอดไป และมีค่าอยู่เสมอ ภาพถ่ายนั้นเป็นสิ่งที่ดีที่สุด ที่จะนำมาแสดงในกระบวนการพิจารณาของศาล และยังสามารถแสดงสิ่งต่างๆ ที่เราลืมไปแล้วให้กลับมาปรากฏ ต่อสายตาเราอีกครั้ง ภาพถ่ายเหล่านั้น ก็คือ ความจำที่ประดิษฐ์ขึ้น มันทำให้เรียกสถานที่เกิดเหตุกลับมาอีกครั้งแม้ว่าเวลาจะผ่านไปเป็นเดือนหรือเป็นปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถ่ายภาพสถานที่เกิดเหตุ โดย ทั่วๆ ไปมีอยู่ 3 ประเภท คือ

1. Locality
2. Immediate ground
3. Detail of the scene

ภาพถ่ายประเภท Locality จะปรากฏพื้นที่รอบๆ สถานที่เกิดเหตุ ที่เกี่ยวข้องกับสถานที่เกิดเหตุ ได้แก่ ดึก ใกล้เคียง ถนน ทางเดินและอื่นๆ ในทำนองเดียวกัน ภาพถ่ายประเภท Immediate ground คือภาพที่เกิดเหตุที่เป็นบริเวณใกล้ชิดกับจุดเกิดเหตุ ได้แก่ บ้านหลังที่เกิดเหตุ ห้องที่เกิดเหตุ และห้องใกล้เคียง ในบ้านที่เกิดเหตุ ภาพถ่ายประเภท Detail of the scene ได้แก่ ภาพถ่ายของจุดเกิดเหตุ รายละเอียดของห้องที่เกิดเหตุ ภาพถ่ายต่างๆ เหล่านี้จะกลายเป็นพยานหลักฐานที่สำคัญ ในเวลาต่อมา และเป็นพยานหลักฐาน ที่ได้รับการยอมรับ โดยจะต้องพิสูจน์ได้ว่าเป็นภาพที่แสดงสถานที่เกิดเหตุตามความจริง เมื่อเจ้าพนักงานคนแรกมาถึงที่เกิดเหตุ ซึ่งมันยังไม่เพียงพอถ้าจะถ่ายเพียงภาพจุดเกิดเหตุ พื้นที่ใกล้เคียง ก็มีความสำคัญ ที่ควรบันทึกไว้ รวมทั้ง ถนน ทางเดิน อาคาร และอื่นๆ ในบริเวณใกล้เคียง มันอาจจะปรากฏความจริงบนภาพถ่ายภาพใดภาพหนึ่ง ในจำนวนภาพ กว่า 10 ภาพที่ถ่ายไว้ มันจะอันตรายมากกว่าถ้าเราจะถ่ายภาพน้อยเกินไป และมันมีความจำเป็นที่การถ่ายภาพต้องถูกต้องสมบูรณ์

2.5.3 การประยุกต์ใช้การถ่ายภาพอินฟราเรดกับนิติวิทยาศาสตร์

นักนิติวิทยาศาสตร์ใช้การถ่ายภาพอินฟราเรดเพื่อดูสิ่งที่อยู่ในที่เกิดเหตุที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า TNO (Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek) องค์การวิจัยอิสระดำเนินการทดสอบที่เกิดเหตุตัวอย่างในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ.2010 พวกเขาเปรียบเทียบการถ่ายภาพปกติกับการถ่ายภาพอินฟราเรดก็พบสิ่งที่น่าสนใจบางอย่าง พบว่าภาพถ่ายอินฟราเรดสามารถเห็นพวงกุญแจในกระเป๋าเสื้อ มองเห็นความแตกต่างของสีกางเกงยีนส์ และสามารถมองเห็นได้ถึงความร้อนรอบๆ จอคอมพิวเตอร์ ว่าเพิ่งถูกปิดไปเมื่อไม่ถึงชั่วโมง ไม่เพียงเท่านั้น ดร.มิแรนดา เวน เลอเชล ค้นพบว่าที่อุณหภูมิและความชื้นปกติ การถ่ายภาพอินฟราเรดสามารถถ่ายร่องรอยของดิน ได้ภายใน 4 ชั่วโมงหลังจากถูกกลบเกลื่อน และถ้าเป็นดินที่ชุ่มน้ำสามารถถ่ายในภายใน 22 ชั่วโมง

ในการถ่ายภาพอินฟราเรดของเสียหรือสารคัดหลั่งทางชีวภาพ เช่น เลือด ปัสสาวะ และ คราบอสุจิ สามารถถ่ายเห็นได้แม้มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่ตัวอย่างข้างต้นนี้ต้องขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวัตถุกับสภาพแวดล้อม

2.6 สเปกโทรสโกปี

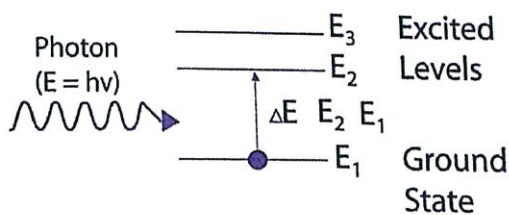
การวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสเปกโทรสโกปีเป็นการวัดการดูดกลืนหรือคายพลังงานรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปโดยสาร วิธีแรกเป็นวิธีเกี่ยวกับการดูดกลืนรังสีนั้นอาศัยหลักการลดลงของพลังงานรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าหลังจากเกิดอันตรกิริยาและถูกดูดกลืนพลังงานบางส่วนโดยสาร ตัวอย่าง วิธีที่สองเป็นวิธีเกี่ยวกับการคายรังสีเป็นการวัดรังสีที่เปล่งออกมาจากสารตัวอย่างที่ถูกกระตุ้นโดยพลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า หรือ พลังงานรังสี วิธีทางสเปกโทรสโกปีเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและเป็นที่ยอมรับว่ามีประโยชน์ในการให้ข้อมูลการวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ

2.6.1 อัลตราไวโอเลตวิสิเบิล สเปกโทรสโกปี (UV-VISIBLE SPECTROSCOPY)

UV-VISIBLE SPECTROSCOPY หรือที่เรียกสั้นๆว่า “UV-VIS” เป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณแสงในช่วงรังสีอัลตราไวโอเลต (ความยาวคลื่นประมาณ 200 – 400 นาโนเมตร) และช่วงแสงขาว (ความยาวคลื่นประมาณ 400 – 700 นาโนเมตร) ที่ส่องผ่านหรือถูกดูดกลืนโดยตัวอย่างที่วางอยู่ในเครื่องมือ ความยาวของคลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของสารที่มีอยู่ในตัวอย่างซึ่ง โดยส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ สารประกอบเชิงซ้อน และสารอนินทรีย์ที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นเหล่านี้ได้

เครื่อง UV-VIS ในปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้มีขนาดเล็กลง มีความไวมากขึ้น ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น รวมไปถึงการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ควบคุมกับเครื่องมือในการวิเคราะห์ ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้กว้างขึ้น ซึ่งในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เทคนิค UV-VIS ได้ถูกนำไปใช้งานต่างๆอย่างมากมาย แม้ว่าจะทุกวันนี้เครื่องมือที่นำเทคนิคนี้ไปใช้จะมีความแตกต่างจากเครื่องมือตัวแรกเป็นอย่างมาก แต่เครื่องมือเหล่านี้ก็ทำงานบนหลักการพื้นฐานเดียวกัน คือคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงของสาร

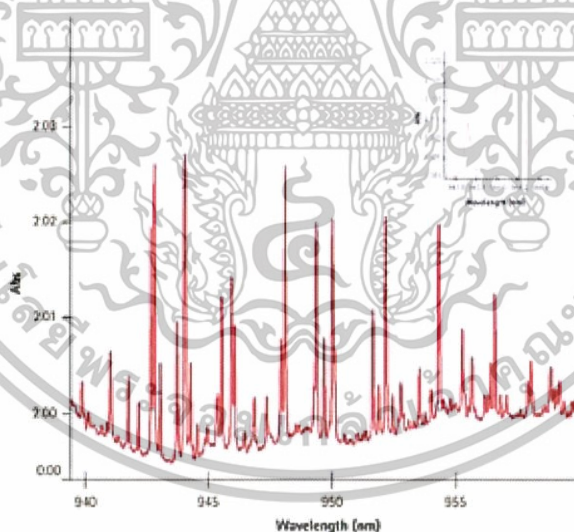
เมื่อโมเลกุลของตัวอย่างถูกฉายด้วยแสงในช่วงรังสีอัลตราไวโอเลต หรือแสงขาว ที่มีพลังงานเหมาะสมจะทำให้อิเล็กตรอนภายในอะตอมเกิดการดูดกลืนแสงแล้วเปลี่ยนสถานะ ไปอยู่ในชั้นที่มีระดับพลังงานสูงกว่า เมื่อทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่านหรือสะท้อนมาจากตัวอย่าง เทียบกับแสงจากแหล่งกำเนิดที่ความยาวคลื่นค่าต่างๆตามกฎของ Beer-Lambert ค่าการดูดกลืนแสงหรือค่า absorbance ของสารจะแปรผันกับจำนวน โมเลกุลที่มีการดูดกลืนแสง ดังนั้นจึงสามารถระบุชนิดและปริมาณของสารที่มีอยู่ในตัวอย่างได้



รูปที่ 2.27 การเปลี่ยนแปลงระดับชั้นพลังงาน [28]

โดยทั่วไปแล้วจะมีส่วนประกอบหลักๆ ที่เหมือนกัน ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง เกรตติงหรือโมโนโครมาเตอร์ เซลล์ที่บรรจุสารตัวอย่าง และเครื่องตรวจวัด

แหล่งกำเนิดแสงจะต้องให้แสงที่คงที่อย่างต่อเนื่อง ตัวที่นิยมใช้ คือ หลอดทังสแตน-ฮาโลเจน ซึ่งให้แสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 320-2,500 นาโนเมตร สำหรับแหล่งกำเนิดแสงในช่วง UV นั้นจะใช้หลอดไฮโดรเจนหรือหลอดควิที่เรียมซึ่งให้แสงในช่วง 160-375 นาโนเมตร แต่แสงที่ได้จากแหล่งกำเนิดนั้นจะมีความยาวคลื่นต่างๆ ดังนั้นจึงต้องใช้โมโนโครมาเตอร์เป็นตัวกระจายแสงออกเพื่อให้แสงที่จะผ่านไปยังตัวอย่างมีความยาวคลื่นค่าเดียวตามที่ต้องการ



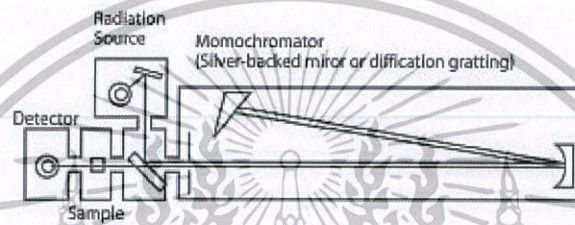
รูปที่ 2.28 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวัดตรวจสอบด้วยเครื่อง UV-VIS [28]

หลังจากนั้นแสงความยาวคลื่นค่าเดียวจะผ่านไปยังเซลล์ที่บรรจุสารตัวอย่างและสารเปรียบเทียบ (cuvettes) ซึ่งมีรูปร่างต่างๆ กันออกไป แต่โดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นกล่องทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความกว้างภายใน 1 เซนติเมตร (ซึ่งค่านี้จะเป็นค่าระยะทางเดินของแสงที่ผ่านเข้าไปในตัวอย่างเป็นกฎของ Beer-Lambert) เครื่อง UV-VIS บางรุ่นสามารถใช้หลอดทดลองเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

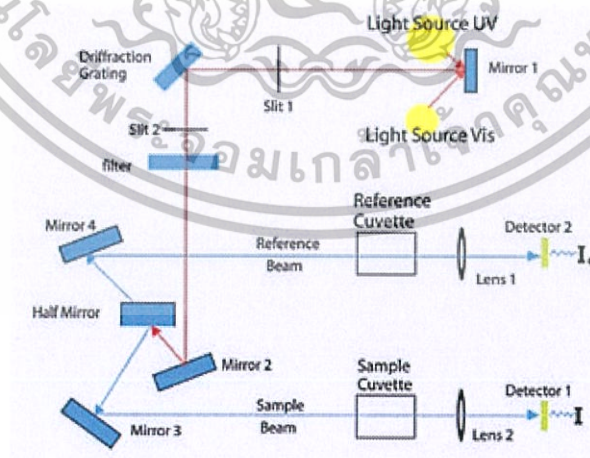
cuvettes ได้ แต่ cuvettes ที่ดีที่สุดนั้นทำมาจากควอร์ตที่มีคุณภาพสูง สำหรับ cuvettes ที่ทำจากแก้วหรือพลาสติกนั้นก็เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป แต่สามารถใช้ได้เฉพาะในช่วงแสงขาวเท่านั้นเพราะแก้วและพลาสติกดูดกลืนแสงในช่วงรังสียูวี

แสงในส่วนที่ไม่ถูกดูดกลืนจะเดินทางผ่านตัวอย่างมาถึงเครื่องตรวจวัด สำหรับเครื่องตรวจวัดที่นิยมใช้ ได้แก่ PMT (photomultiplier tube), diode arrays และ CCDs (charge coupled devices) เครื่องจะทำการบันทึกค่าความยาวคลื่นร่วมกับค่ามุมของแต่ละความยาวคลื่นที่เกิดการดูดกลืน ผลของสเปกตรัมที่ได้จะแสดงในรูปของกราฟระหว่างค่า absorbance และค่าความยาวคลื่น



รูปที่ 2.29 แผนผังแสดงส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS แบบลำแสงเดี่ยว [28]

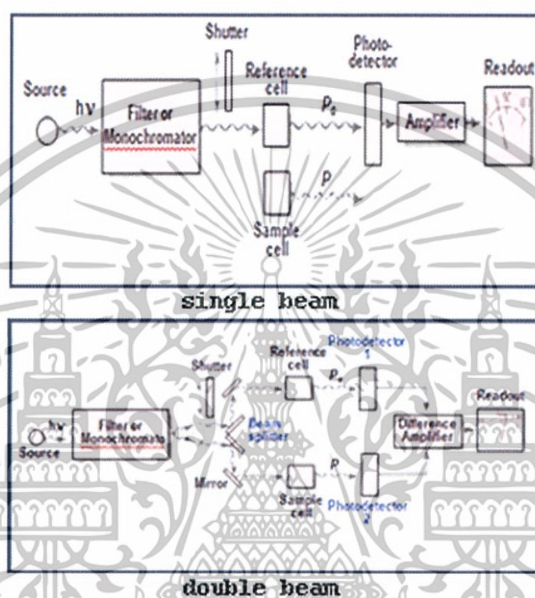
เครื่อง UV-VIS สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบ คือ แบบลำแสงเดี่ยว และแบบลำแสงคู่ สำหรับเครื่องแบบลำแสงเดี่ยวเป็นเครื่องที่ใช้ลำแสงเดี่ยวจากแหล่งกำเนิดผ่านไปยังตัวอย่าง เครื่องมือนี้ได้รับการออกแบบให้สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวก และมีราคาไม่แพงมากนัก



รูปที่ 2.30 แผนผังแสดงส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS แบบลำแสงคู่ [28]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเครื่องแบบลำแสงคู่ นั้น แสงจะถูกแยกออกเป็น 2 ลำ ก่อนที่จะไปตกลงบนตัวอย่าง โดยแสงลำหนึ่งจะใช้เป็นลำแสงอ้างอิง ขณะที่อีกลำจะผ่านไปยังตัวอย่าง เครื่องมือที่เป็นแบบลำแสงคู่บางรุ่นจะมีเครื่องตรวจวัด 2 ตัวเพื่อที่จะตรวจวัดแสงอ้างอิงและแสงที่มาจากตัวอย่างได้พร้อมกัน แต่ในบางรุ่นจะมีเครื่องตรวจวัดเพียงตัวเดียว โดยแสงทั้งสองลำจะผ่านตัว beam chopper ซึ่งจะทำหน้าที่กักแสงลำหนึ่งไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เครื่องตรวจวัดจึงสามารถตรวจวัดความแตกต่างของแสงทั้งสองลำได้



รูปที่ 2.31 เปรียบเทียบหลักการการทำงานของเครื่อง UV-VIS แบบลำแสงเดี่ยวและลำแสงคู่ [27]

2.6.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณ

โดยหลักการแล้ว สเปกตรัมซึ่งเกิดจากการดูดกลืนแสงในช่วงรังสียูวีและแสงขาวของสารตัวอย่างจะแสดงคุณสมบัติเฉพาะของสารนั้นๆ ทำให้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์สารชนิดต่างๆ ได้ แต่ทั้งนี้ การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้เท่านั้นจะให้ผลได้เพียงคร่าวๆ เพราะลักษณะของสเปกตรัมของสารแต่ละชนิดที่ได้จะมีความกว้างมากและยังมีรายละเอียดอีกเยอะจึงต้องใช้เทคนิคอื่นๆ ร่วมวิเคราะห์ด้วย สำหรับการวิเคราะห์สารในเชิงปริมาณด้วยเทคนิค UV-Visible Spectroscopy สามารถทำได้โดยใช้วิธีการทำกราฟมาตรฐานระหว่างค่า absorbance และค่าความเข้มแสง ดังนั้นเมื่อสามารถวัดค่า absorbance ของสารได้ก็สามารถหาปริมาณของสารที่จะวิเคราะห์ได้จากกราฟ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยในการตรวจสอบวัตถุพยานโดยใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

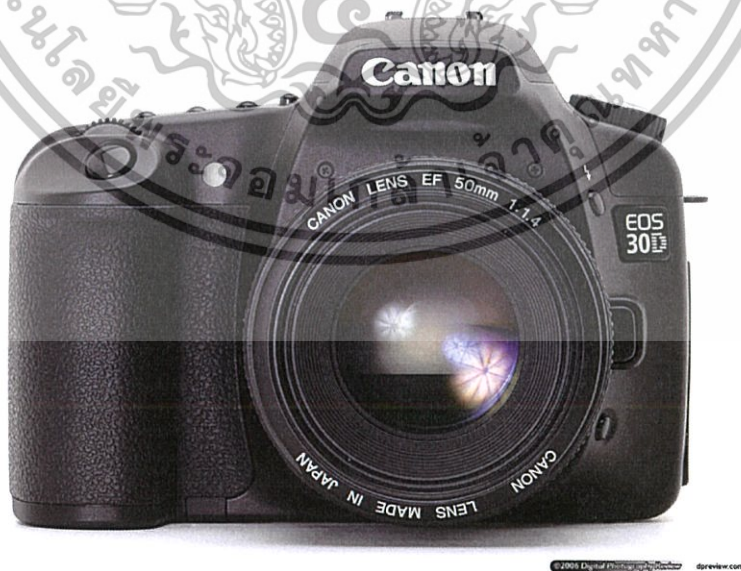
ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลทางเทคนิคเกี่ยวกับการดัดแปลงกล้อง DSLR เพื่อให้ถ่ายภาพภายใต้แสงอินฟราเรดได้

ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบการทดลองและการเก็บผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 3 ทำการทดลอง, วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง
ซึ่งในแต่ละขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลทางเทคนิคเกี่ยวกับการดัดแปลงกล้อง DSLR เพื่อให้ถ่ายภาพได้ภายใต้แสงอินฟราเรด

การศึกษการดัดแปลงกล้อง DSLR ในที่นี้จะทำการดัดแปลงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D (รูปที่ 3.1) เพื่อให้สามารถถ่ายภาพภายใต้แสงอินฟราเรดได้ (โดยในการดัดแปลงนี้จะทำให้กล้อง DSLR ตัวที่นำมาดัดแปลงนี้ ไม่สามารถนำกลับไปถ่ายภาพภายใต้แสงวิสิเบิลได้ เนื่องจากการดัดแปลงถาวร)



รูปที่ 3.1 กล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



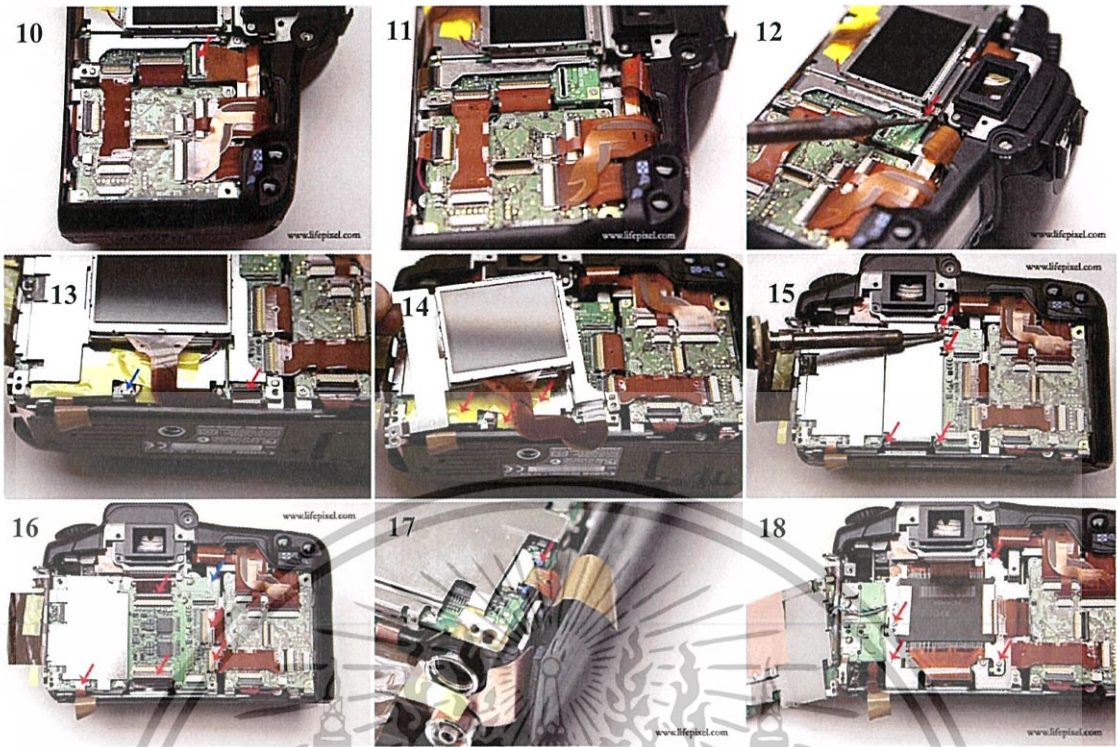
รูปที่ 3.2 โครงสร้างองค์ประกอบภายในตัวกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D [15]

3.1.1 ขั้นตอนการดัดแปลงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D - ขั้นตอนการเปิดโครงกล้อง



รูปที่ 3.3 (ก) แสดงขั้นตอนการเปิดโครงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D [19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 (ข) แสดงขั้นตอนการเปิดโครงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D [19]

- ขั้นตอนการเปลี่ยนเซนเซอร์รับแสงของกล้อง DSLR



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการเปลี่ยนเซนเซอร์รับแสงของกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D [19] เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะทำการเปลี่ยนเซนเซอร์รับแสงของกล้อง (The original hot mirror filter) ที่ปกติจะรับแสงได้ในทุกความยาวคลื่นออก และแทนที่ด้วยเซนเซอร์รับแสงอินฟราเรด (Infrared filter) ที่จะรับแสงได้เฉพาะช่วงของอินฟราเรดเท่านั้น ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงเซนเซอร์รับแสงของกล้อง DSLR

(ซ้าย) เซนเซอร์รับแสงปกติ (The original hot mirror filter) รับแสงได้ในทุกความยาวคลื่น
(ขวา) เซนเซอร์รับแสงอินฟราเรด (The Infrared filter) รับแสงในช่วงอินฟราเรดเท่านั้น [19]

3.2 ออกแบบการทดลอง

ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ การตรวจสอบวัตถุพยานมีด้วยกันหลากหลายชนิด ในงานวิจัยนี้จะใช้กล้อง DSLR คัดแปลงแบบอินฟราเรด ซึ่งได้ทำการดัดแปลงจาก หัวข้อที่ 3.1 เข้ามาช่วยในการตรวจสอบวัตถุพยาน โดยเราจะทำการตรวจพิสูจน์หมึกปากกาเปรียบเทียบกับกล้อง DSLR โดยทำการตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่เขียนลงบน กระดาษ ผ้า ซึ่งจะใช้ปากกา 3 ชนิด ได้แก่ ปากกาลูกลื่น ปากกาหมึกเจล และปากกาเคมี และนำมาเปรียบเทียบกับว่าการดูคลื่นแสงอินฟราเรดที่ต่างกันหรือไม่ โดยจะทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาในกรณีที่ไม่มีการขีดลบ หรือแก้ไขข้อความ

ตอนที่ 2 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาในกรณีที่มีการขีดลบ หรือแก้ไขข้อความ

ตอนที่ 3 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่มีน้ำหมึกต่างสีกัน โดยไม่มีการขีดลบ หรือ

แก้ไขข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

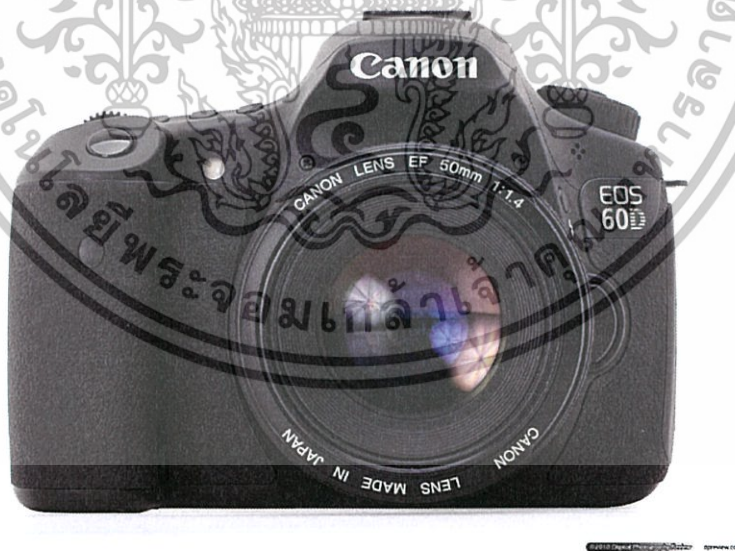
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1) กล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D ตัดแปลงแบบอินฟราเรด



รูปที่ 3.6 กล้อง DSLR ตัดแปลงแบบอินฟราเรด [15]

- 2) กล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 60D



รูปที่ 3.7 กล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 60D [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) แหล่งกำเนิดแสง



รูปที่ 3.8 หลอดไส้ทั้งสแตน [23]

รูปที่ 3.9 หลอดไฟไต้ยุง [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ [10]

- 4) ขาดงแห่่งกำนิคแ่สง
- 5) ขาดงกล็อง
- 6) สายลั้่นชั้ตเตอร้
- 7) ปากกา (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 (ก) รายละเอียดของปากกาที่ใช้ในงานวิจัย

เลขเรียก	ชนิด	ยี่ห้อ	รุ่น	ขนาด
ล.1	ปากกาลูกลื่น	Uni-ball	Laknock fine (SN-101 FINE BLUE)	0.5
ล.2	ปากกาลูกลื่น	Pentel	2SUPERB (BK71E-C)	0.5
ล.3	ปากกาลูกลื่น	Faber-Castell	GRIP X5 (545051-0.5 mm Blue)	0.5
ล.4	ปากกาลูกลื่น	QuanTum	GeloPlus ⁺ Spirit 1233	0.5
ล.5	ปากกาลูกลื่น	PaperMate	InkJoy 100 XF	0.5
ล.6	ปากกาลูกลื่น	BiC	RS2 X-Fine	0.5
ล.7	ปากกาลูกลื่น	g'soft	Ball Point Pen X5	0.5
ล.8	ปากกาลูกลื่น	g'soft	Ball Point Pen TITUS	0.38
ล.9	ปากกาลูกลื่น	Faber-Castell	CX7 Ball Pen (247451-0.7 mm ball)	0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ข) รายละเอียดของปากกาที่ใช้ในงานวิจัย (ต่อ)

เลขเรียก	ชนิด	ยี่ห้อ	รุ่น	ขนาด
ด.10	ปากกาลูกลื่น	Elephant	Drift 66	0.7
ด.11	ปากกาลูกลื่น	Uni-ball	Laknock-fine (SN-101 FINE RED)	0.5
จ.1	ปากกาหมึกเจล	Pentel	ENERGEL 0.5 mm ball (BLN25-C)	0.5
จ.2	ปากกาหมึกเจล	Pentel	ENERGEL 0.5 mm ball (BLN105-C)	0.5
จ.3	ปากกาหมึกเจล	Uni-ball	SigNo eco (UMN-105E)	0.5
จ.4	ปากกาหมึกเจล	PaperMate	gel (blue)	0.7
จ.5	ปากกาหมึกเจล	YaYa - LINC	COSMO gel	0.5
จ.6	ปากกาหมึกเจล	Monami	SuperGEL (2052)	0.5
จ.7	ปากกาหมึกเจล	M&G	Snopy & Woodstock (SGP69003)	0.5
จ.8	ปากกาหมึกเจล	Uni-ball	Fine DELUXE (UB-177)	0.7
จ.9	ปากกาหมึกเจล	Uni-ball	Signo UM-100(07) (green)	0.7
จ.10	ปากกาหมึกเจล	PaperMate	gel (red)	0.7
จ.11	ปากกาหมึกเจล	PaperMate	gel (green)	0.7
จ.12	ปากกาหมึกเจล	PaperMate	gel (orange)	0.7
จ.13	ปากกาหมึกเจล	Uni-ball	Signo UMN-207F (orange)	0.7
ค.1	ปากกาเคมี	Artline	DRAWING SYSTEM (EK-235)	0.5
ค.2	ปากกาเคมี	Uni	pin FINE FINE (PIN 05-200 BLUE)	0.5
ค.3	ปากกาเคมี	SAKURA	PIGMA MICRON 05	0.45
ค.4	ปากกาเคมี	DongA	My Color (MC-17)	0.5
ค.5	ปากกาเคมี	SAKURA	Succee' Twiny Color SC02#17	0.5
ค.6	ปากกาเคมี	STAEDTLER	Triplus fineliner	0.5
ค.7	ปากกาเคมี	STABILO	Pen 68 (Art.No.68/32)	1.2
ค.8	ปากกาเคมี	SAKURA	Succee' Twiny Color SC02#17	1.2
ค.9	ปากกาเคมี	STAEDTLER	Triplus fineliner	1.2
ค.10	ปากกาเคมี	STABILO	Pen 68 (Art.No.68/50) (red)	1.2
ค.11	ปากกาเคมี	STABILO	Pen 68 (Art.No.68/44) (yellow)	1.2
ค.12	ปากกาเคมี	STABILO	Pen 68 (Art.No.68/36) (green)	1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ภาพถ่ายรวมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การทดลองตอนที่ 1 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาในกรณีที่ไม่มีการขีดลบ หรือแก้ไขข้อความ

- 1) กำหนดค่ามาตรฐานของกล้องถ่ายภาพ ดังตารางที่ 3.2 – 3.4
- 2) นำปากกาที่เตรียมไว้ใช้ในการทดลองตอนที่ 1 นำมาเขียนลงตารางบันทึกผล
- 3) ทำการถ่ายภาพโดยใช้กล้องถ่ายภาพทั้งสองชนิด

3.4.2 การทดลองตอนที่ 2 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาในกรณีที่มีการขีดลบ หรือแก้ไขข้อความ

- 1) กำหนดค่ามาตรฐานของกล้องถ่ายภาพ ดังตารางที่ 3.2 – 3.4
- 2) นำปากกาที่เตรียมไว้ใช้ในการทดลองตอนที่ 2 นำมาเขียนลงตารางบันทึกผล
- 3) ทำการถ่ายภาพโดยใช้กล้องถ่ายภาพทั้งสองชนิด

3.4.3 การทดลองตอนที่ 3 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่มีน้ำหมึกต่างสีกัน โดยไม่มีการขีดลบ หรือแก้ไขข้อความ

- 1) กำหนดค่ามาตรฐานของกล้องถ่ายภาพ ดังตารางที่ 3.2 – 3.4
- 2) นำปากกาที่เตรียมไว้ใช้ในการทดลองตอนที่ 3 นำมาเขียนลงตารางบันทึกผล
- 3) ทำการถ่ายภาพโดยใช้กล้องถ่ายภาพทั้งสองชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การตั้งค่ามาตรฐานของกล้องที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.2 ค่ามาตรฐานกล้องที่ใช้ในการทดลอง ภายใต้แสงหลอดไฟทั้งสแตน

ชนิดของกล้อง	ค่าความไวแสง ISO	ความเร็วชัตเตอร์ Speed Shutter	ค่ารูรับแสง f-stop	ค่าระยะภาพ
DSLR	1600	1/350	f/1.8	35
INFRARED DSLR	1600	1/250	f/5	35

ตารางที่ 3.3 ค่ามาตรฐานกล้องที่ใช้ในการทดลอง ภายใต้แสงหลอดไฟไต้ยุง

ชนิดของกล้อง	ค่าความไวแสง ISO	ความเร็วชัตเตอร์ Speed Shutter	ค่ารูรับแสง f-stop	ค่าระยะภาพ
DSLR	1600	1/250	f/1.8	35
INFRARED DSLR	1600	1/10	f/5	35

ตารางที่ 3.4 ค่ามาตรฐานกล้องที่ใช้ในการทดลอง ภายใต้แสงหลอดไฟลู่อเรสเซนส์

ชนิดของกล้อง	ค่าความไวแสง ISO	ความเร็วชัตเตอร์ Speed Shutter	ค่ารูรับแสง F-stop	ค่าระยะภาพ
DSLR	1600	1/350	f/1.8	35
INFRARED DSLR	1600	1/25	f/5	35

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

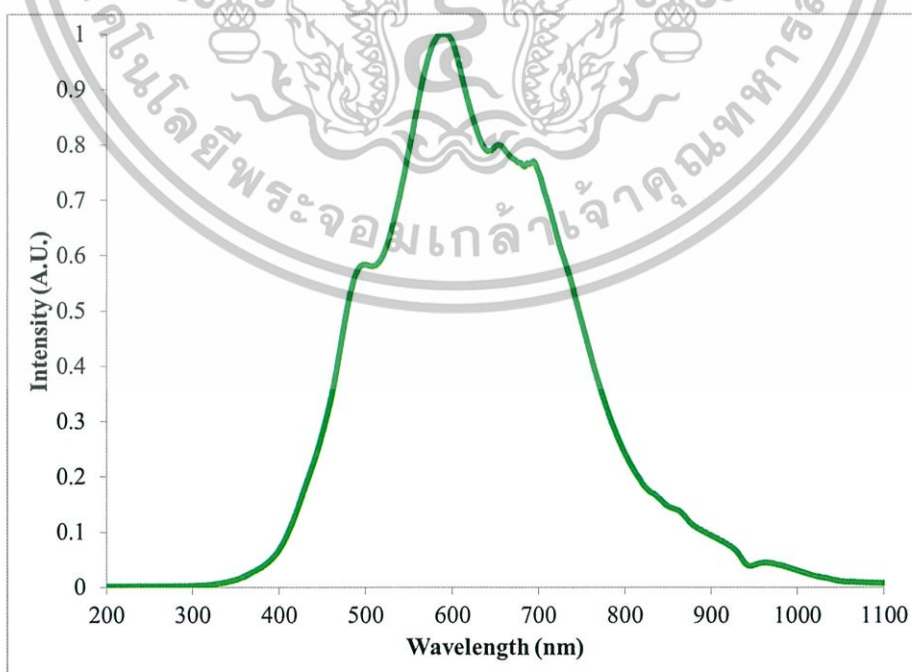
ในบทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย ผู้ทำการทดลองได้ทำการตัดแปลงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D ให้มีความสามารถรับแสงได้เฉพาะในช่วงความยาวคลื่นของอินฟราเรดเท่านั้น ในการทดลองจะใช้กล้องที่ตัดแปลงนี้ ทำการถ่ายภาพและเปรียบเทียบกับภาพที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ที่ไม่ได้ทำการตัดแปลง (DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 60D) ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร (หัวข้อที่ 4.2) แต่ก่อนเริ่มทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบการทดลองนั้น ผู้ทำการทดลองได้ทำการทดสอบหาความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการทดลอง ดังปรากฏในหัวข้อที่ 4.1

4.1 แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการทดลอง

ทำการทดสอบหาความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงแต่ละชนิด โดยการใช้เครื่องมือ UV-Visible Spectrometer ยี่ห้อ AVANTES รุ่น AvaSpec-EDU ซึ่งในการทดลองจะใช้แหล่งกำเนิดแสง 3 ชนิด ดังนี้

- | | | | |
|------------------------|----------------|-------------|----------|
| 1. หลอดไส้ทั้งสแตน | มีความยาวคลื่น | 350 – 1,000 | นาโนเมตร |
| 2. หลอดไฟโลยูง | มีความยาวคลื่น | 525 – 700 | นาโนเมตร |
| 3. หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ | มีความยาวคลื่น | 400 – 700 | นาโนเมตร |

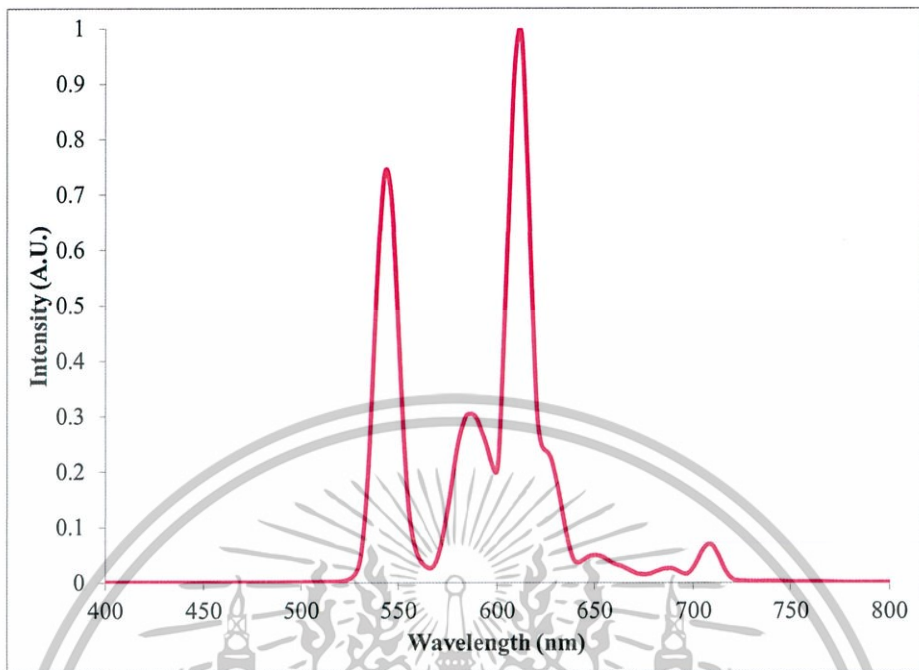
4.1.1 หลอดไส้ทั้งสแตน



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (นาโนเมตร) กับความเข้มแสงของหลอดไส้ทั้งสแตนที่ใช้ในการทดลอง

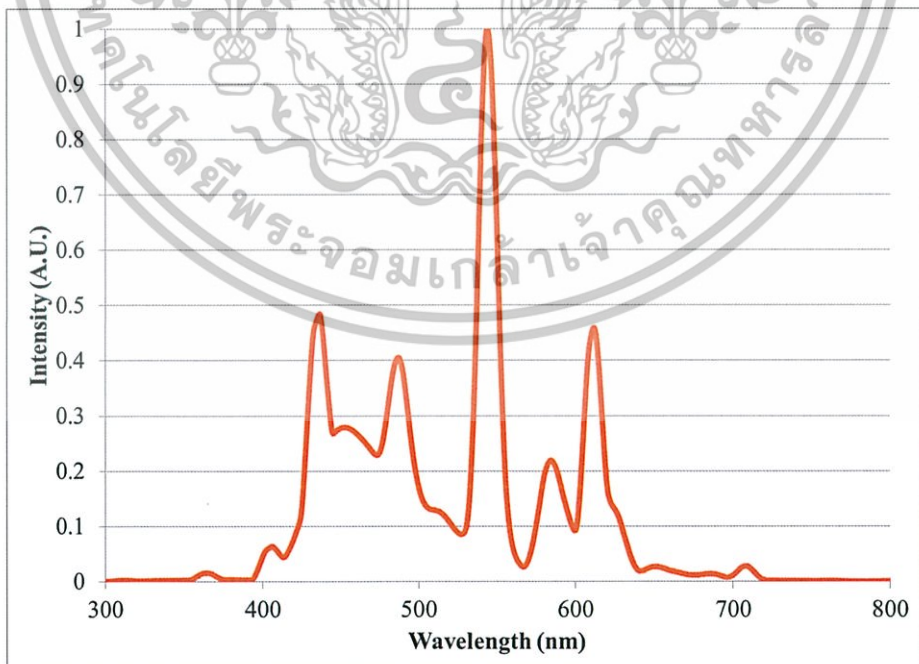
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 หลอดไฟไต้ยุง



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (นาโนเมตร) กับความเข้มแสงของหลอดไฟไต้ยุงที่ใช้ในการทดลอง

4.1.3 หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์

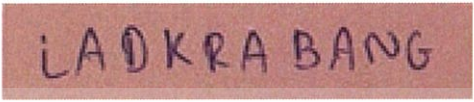



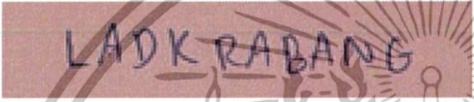


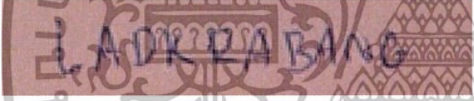

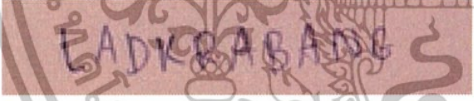

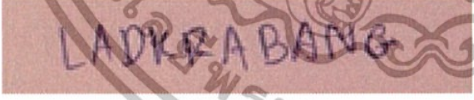

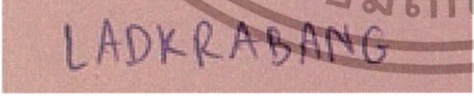

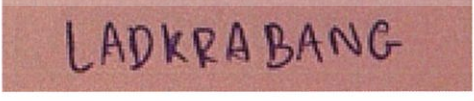

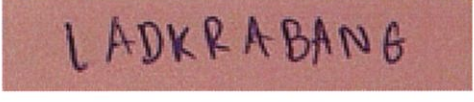

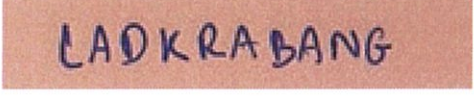



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (นาโนเมตร) กับความเข้มแสงของหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองที่ 1 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาในกรณีที่ไม่มีการขีดลบ หรือ แก้ไขข้อความ

4.2.1 หลอดใส่ทั้งสแตน

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
ถ.1		
ถ.2		
ถ.3		
ถ.4		
ถ.5		
ถ.6		
ถ.7		
ถ.8		
ถ.9		
ถ.10		
จ.1		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
จ.2	LADKRABANG	
จ.3	LADKRABANG	
จ.4	LADKRABANG	
จ.5	LADKRABANG	
จ.6	LADKRABANG	
จ.7	LADKRABANG	
จ.8	LADKRABANG	
ค.1	LADKRABANG	
ค.2	LADKRABANG	
ค.3	LADKRABANG	
ค.4	LADKRABANG	
ค.5	LADKRABANG	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
ค.6	LADKRABANG	
ค.7	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.8	LADKRABANG	
ค.9	LADKRABANG	

4.2.2 หลอดไฟใล่ยุง

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
ล.1	LADKRABANG	
ล.2	LADKRABANG	
ล.3	LADKRABANG	
ล.4	LADKRABANG	
ล.5	LADKRABANG	
ล.6	LADKRABANG	LADKRABANG
ล.7	LADKRABANG	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
ถ.8	LADKRABANG	
ถ.9	LADKRABANG	
ถ.10	LADKRABANG	
จ.1	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.2	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.3	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.4	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.5	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.6	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.7	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.8	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.1	LADKRABANG	LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
ค.2	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.3	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.4	LADKRABANG	
ค.5	LADKRABANG	
ค.6	LADKRABANG	
ค.7	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.8	LADKRABANG	
ค.9	LADKRABANG	

4.2.3 หลอดไฟลูออโรสเซนต์

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
ล.1	LADKRABANG	
ล.2	LADKRABANG	
ล.3	LADKRABANG	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
ถ.4	LADKRABANG	
ถ.5	LADKRABANG	
ถ.6	LADKRABANG	
ถ.7	LADKRABANG	
ถ.8	LADKRABANG	
ถ.9	LADKRABANG	
ถ.10	LADKRABANG	
จ.1	LADKRABANG	
จ.2	LADKRABANG	
จ.3	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.4	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.5	LADKRABANG	LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
จ.6	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.7	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.8	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.1	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.2	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.3	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.4	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.5	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.6	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.7	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.8	LADKRABANG	
ค.9	LADKRABANG	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 สรุปผลการทดลองตอนที่ 1

จากผลการทดลองข้างต้น ผู้ทำการทดลองได้สรุปผลในรูปแบบของตาราง ดังปรากฏในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดลองตอนที่ 1

เลขเรียก ปากกา	การมองเห็นข้อความ โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR คัดแปลง ภายใต้		
	หลอดไฟทั้งสแตน	หลอดไฟไต้ยุง	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์
ล.1	✓	✓	✓*
ล.2	✓*	✓*	✗
ล.3	✗	✗	✗
ล.4	✗	✗	✗
ล.5	✗	✗	✗
ล.6	✓*	✓*	✗
ล.7	✗	✗	✗
ล.8	✗	✗	✗
ล.9	✗	✗	✗
ล.10	✗	✗	✗
จ.1	✓*	✓	✓*
จ.2	✓*	✓	✓*
จ.3	✓	✓	✓
จ.4	✓	✓	✓
จ.5	✓	✓	✓
จ.6	✓	✓	✓
จ.7	✓	✓	✓
จ.8	✓	✓	✓
ค.1	✓	✓	✓
ค.2	✓	✓	✓
ค.3	✓	✓	✓
ค.4	✗	✗	✗
ค.5	✗	✗	✗
ค.6	✗	✗	✗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขเรียก ปากกา	การมองเห็นข้อความ โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR คัดแปลง ภายใต		
	หลอดไฟทั้งสแตน	หลอดไฟไต้ยุง	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์
ค.7	✓	✓	✓
ค.8	✗	✗	✗
ค.9	✗	✓*	✗

- ✓ หมายถึง สามารถมองเห็นข้อความได้ชัดเจน
 ✓* หมายถึง สามารถมองเห็นข้อความแต่ไม่ชัดเจน
 ✗ หมายถึง ไม่สามารถมองเห็นข้อความ

4.3 ผลการทดลองตอนที่ 2 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาในกรณีที่มีการขีดลบ หรือแก้ไขข้อความ

4.3.1 หลอดไฟทั้งสแตน






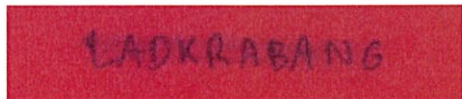
ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
ค.9 จ.2		
ค.8 ค.4		
ค.3 จ.7		
จ.7 จ.2		
จ.2 ค.3		
ค.7 ค.3		
ค.2 ค.3		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้









4.3.2 หลอดไฟไต้ยุง

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
ค.9 จ.2		
ค.8 ค.4		
ค.3 จ.7		
จ.7 จ.2		
จ.2 ค.3		
ค.7 ค.3		
ค.2 ค.3		

4.3.3 หลอดไฟลูออเรสเซนต์

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
ค.9 จ.2		
ค.8 ค.4		
ค.3 จ.7		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
จ.7 จ.2		
จ.2 ถ.3		
ค.7 ถ.3		
ถ.2 ถ.3		

4.3.4 สรุปผลการทดลองตอนที่ 2

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดลองตอนที่ 2

เลขเรียก ปากกา	การมองเห็นข้อความที่ถูกเขียนทับ โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลง ภายใต้อุณหภูมิห้อง		
	หลอดไฟทังสเตน	หลอดไฟไต้ยุง	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์
ค.9/จ.2	✓	✓	✓
ค.8/ค.4	✓	✓	✓
ถ.3/จ.7	✓	✓	✓
จ.7/จ.2	×	×	×
จ.2/ถ.3	✓	✓	✓
ค.7/ถ.3	✓	✓	✓
ถ.2/ถ.3	✓	✓	✓


- ✓ หมายถึง สามารถมองเห็นข้อความที่ถูกเขียนทับ ได้ชัดเจน
- ✓* หมายถึง สามารถมองเห็นข้อความที่ถูกเขียนทับ แต่ไม่ชัดเจน
- × หมายถึง ไม่สามารถมองเห็นข้อความที่ถูกเขียนทับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลองตอนที่ 3 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่มีน้ำหมึกต่างสีกัน โดยไม่มีการขีดลบหรือแก้ไขข้อความ (หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์)

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
ด.1	LADKRABANG	LADKRABANG
ด.11	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.4	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.9	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.10	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.11	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.12	LADKRABANG	LADKRABANG
จ.13	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.7	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.10	LADKRABANG	LADKRABANG
ค.11	LADKRABANG	LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	DSLR	INFRARED DSLR MODIFIED
ค.12	LADKRABANG	

4.4.1 สรุปผลการทดลองตอนที่ 3

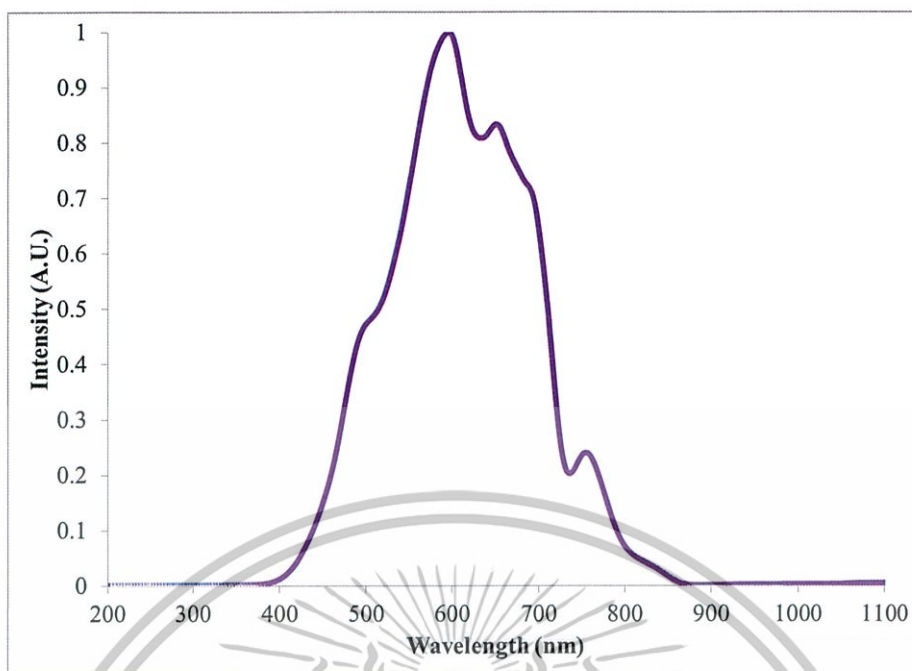
ตารางที่ 4.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 3

เลขเรียกปากกา	การมองเห็นตัวอักษร โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงภายใต้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์
ล.1	✓
ล.11	✗
จ.4	✓
จ.9	✓
จ.10	✗
จ.11	✓
จ.12	✓*
จ.13	✓
ค.7	✓
ค.10	✗
ค.11	✗
ค.12	✗

- ✓ หมายถึง สามารถมองเห็นข้อความได้ชัดเจน
- ✓* หมายถึง สามารถมองเห็นข้อความได้ชัดเจน แต่เป็นการสะท้อน
- ✗ หมายถึง ไม่สามารถมองเห็นข้อความที่ถูกเขียน

4.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากหัวข้อที่ 4.4 เมื่อนำหมึกปากกาที่ใช้ทำการทดลองทั้ง 12 คำนั้น ไปทดสอบกับเครื่อง UV-VIS นั้น จะได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการวิเคราะห์กับเครื่อง UV-VIS

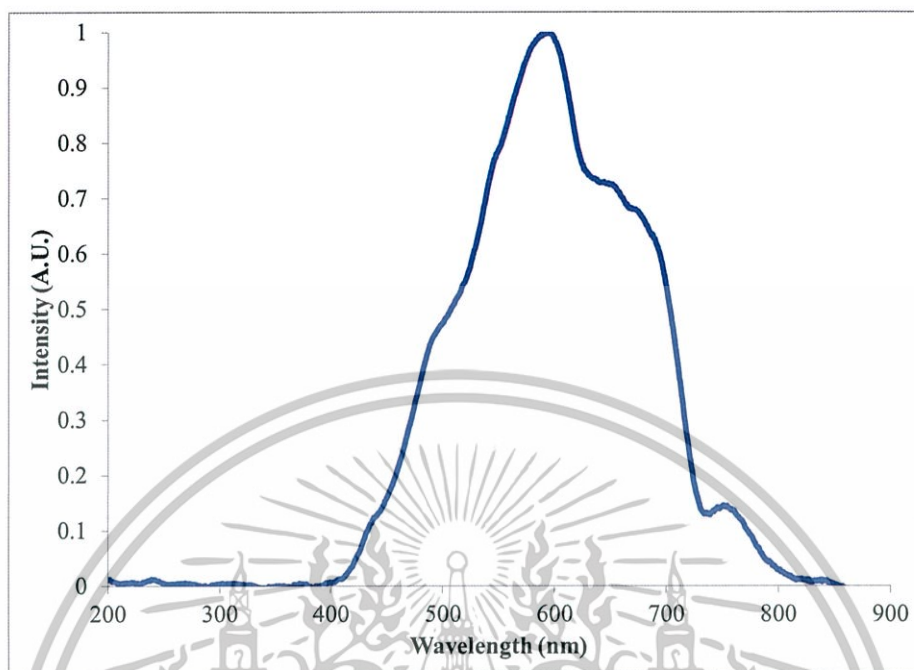
ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-VIS

ชนิด	สีน้ำหมึก	การวิเคราะห์โดย UV-VIS	การทดลอง		
			หลอดไส้ ทั้งสแตน	หลอดไฟ ไต้ยุง	หลอดฟลูออ- เรสเซนต์
ต.1	น้ำเงิน	400 – 800	✓	✓	✓
จ.4	น้ำเงิน	420 – 520	✓	✓	✓
ค.2	น้ำเงิน	400 – 850	✓	✓	✓
ค.4	น้ำเงิน	450 – 500 , 700 – 850	✗	✗	✗
จ.10	แดง	580 – 840	-	-	✗
จ.11	เขียว	450 – 580	-	-	✓
จ.12	ส้ม	580 – 880	-	-	✓*
ค.11	เหลือง	500 – 850	-	-	✗

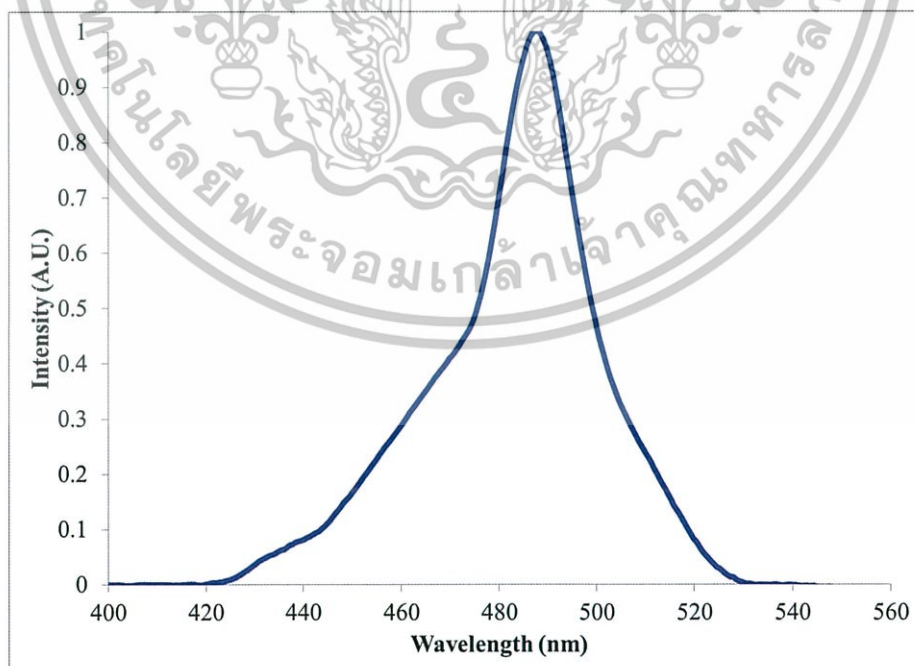
- ✓ หมายถึง สามารถตรวจสอบได้โดยกล้อง INFRARED DSLR MODIFIED (ดูคลื่น)
- ✓* หมายถึง สามารถตรวจสอบได้โดยกล้อง INFRARED DSLR MODIFIED (สะท้อน)
- ✗ หมายถึง ไม่สามารถตรวจสอบได้โดยกล้อง INFRARED DSLR MODIFIED
- หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์

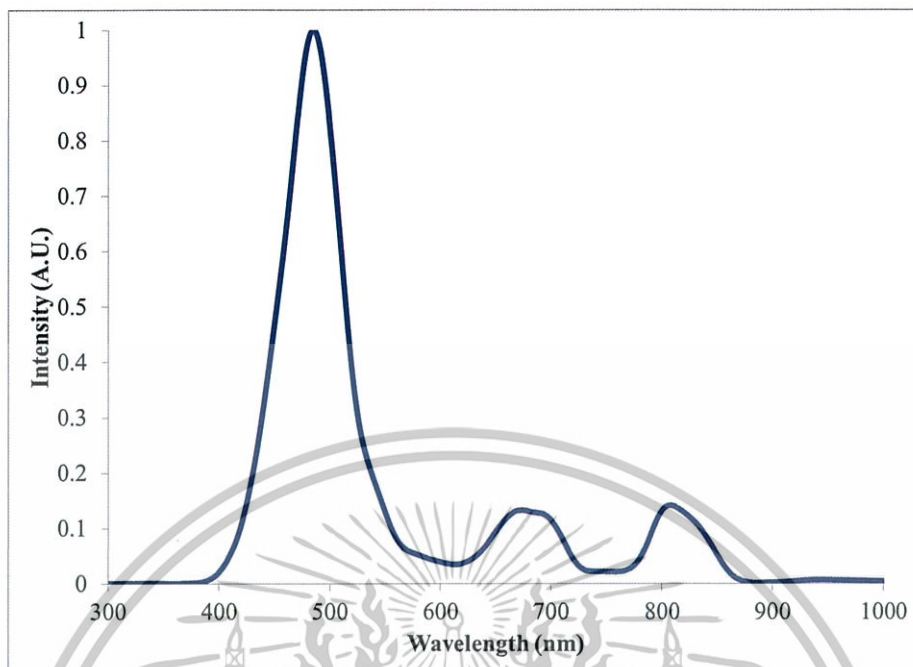


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกาชนิด ล.1 ปู่หือ Uni รุ่น Laknock fine (SN-101 FINE BLUE) ขนาด 0.5 mm (หมึกสีน้ำเงิน)

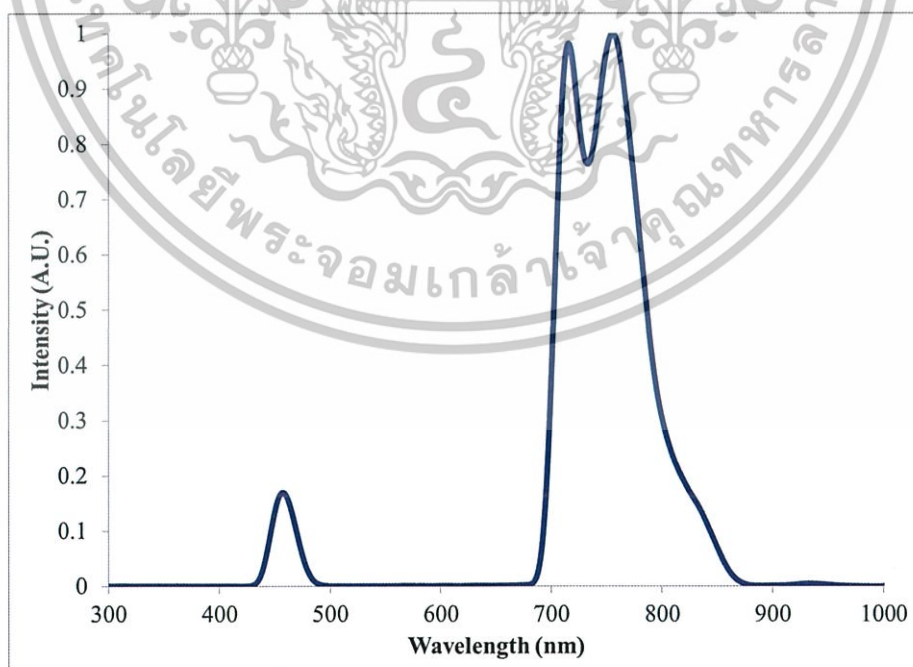


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกาชนิด จ.4 ปู่หือ PaperMate รุ่น gel ขนาด 0.7 mm (หมึกสีน้ำเงิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

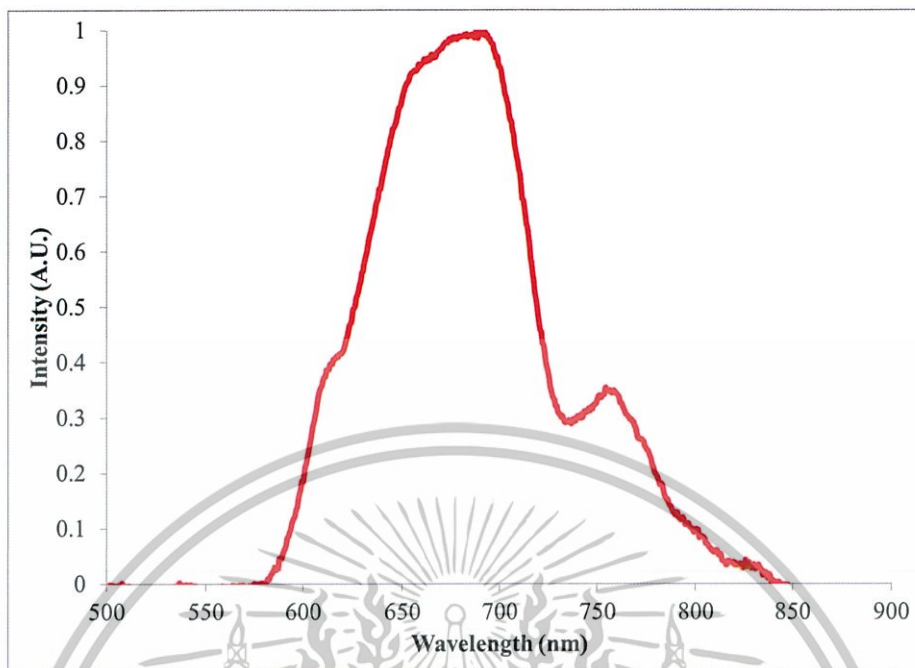


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกาชนิด ค.2 ยี่ห้อ Uni-ball รุ่น pin FINE LINE (PIN 05-200 BLUE) ขนาด 0.5 mm (หมึกสีน้ำเงิน)

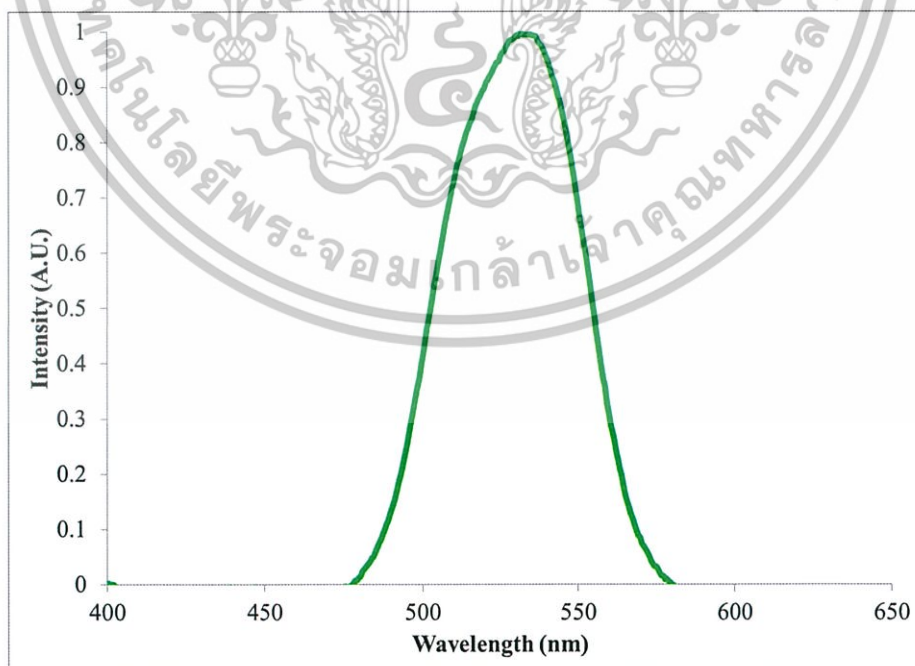


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกาชนิด ค.4 ยี่ห้อ DongA รุ่น My Color (MC-17) ขนาด 0.5 mm (หมึกสีน้ำเงิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

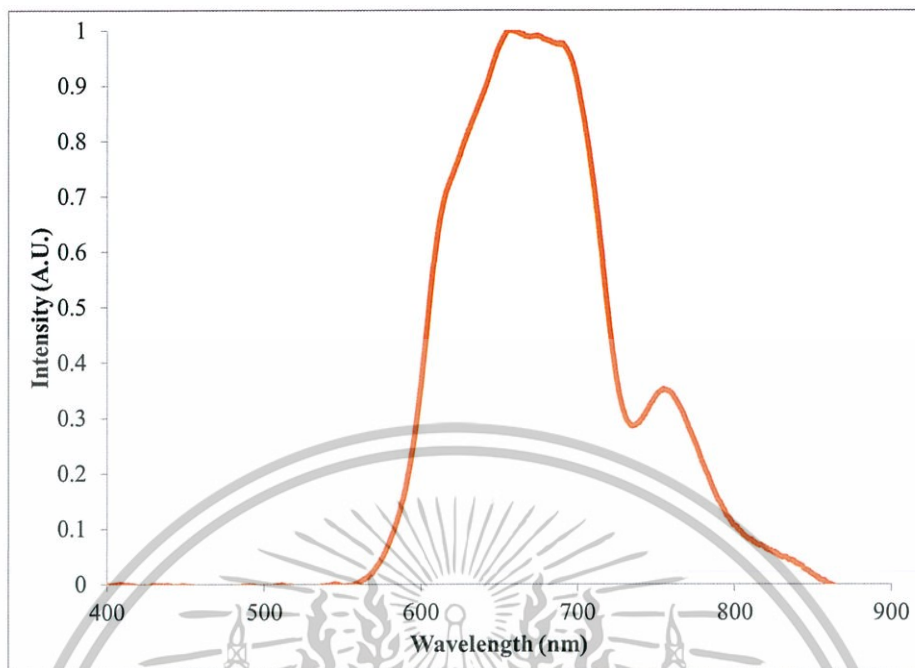


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกาชนิด จ.10 ยี่ห้อ PaperMate รุ่น gel ขนาด 0.7 mm (หมึกสีแดง)

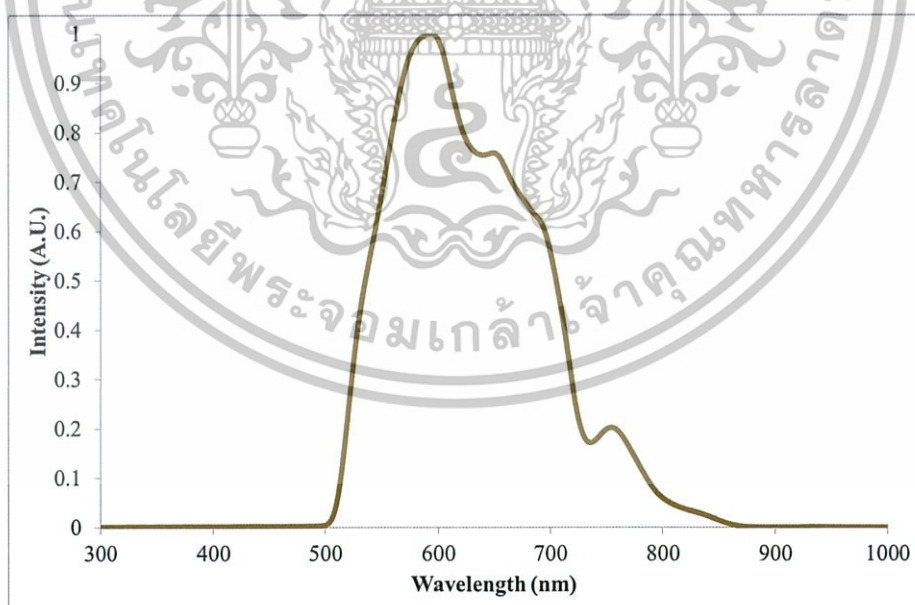


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกาชนิด จ.11 ยี่ห้อ PaperMate รุ่น gel ขนาด 0.7 mm (หมึกสีเขียว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกาชนิด จ.12 ยี่ห้อ PaperMate รุ่น gel ขนาด 0.7 mm (หมึกสีส้ม)



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (nm) กับความเข้ม (A.U.) ของปากกาชนิด ค.11 ยี่ห้อ STABILO รุ่น Pen 68 (Art.No. 68/44) ขนาด 1.2 mm (หมึกสีเหลือง)

4.6 อภิปรายผลการทดลอง

4.6.1 การทดลองตอนที่ 1

พบว่าภาพข้อความที่สามารถเห็นได้นั้น จะปรากฏชัดเจนในส่วนของปากกาหมึกเจลและปากกาเคมี และมีบางส่วนที่สามารถตรวจพบได้ที่ปากกาลูกลื่น ทั้งนี้เป็นเพราะปากกาแต่ละชนิดมีส่วนประกอบที่ไม่เหมือนกัน ทำให้ไม่สามารถที่จะมองเห็นข้อความที่เขียนได้ทุกชนิด ส่วนในกรณีที่สีของภาพมีความแตกต่างกันนั้น เกิดขึ้นจากการปรับค่าสีของกล้อง ซึ่งตั้งไว้ที่อัตโนมัติ ซึ่งทำให้ภาพที่ได้นั้น มีสีที่แตกต่างกัน เนื่องจากอุณหภูมิสีของหลอดไฟแต่ละชนิดนั้น มีค่าที่ไม่เท่ากัน โดยหลอดไฟลูออเรสเซนต์จะมีอุณหภูมิสีมากที่สุด

4.6.2 การทดลองตอนที่ 2

เมื่อนำปากกาที่ทำการศึกษาทดลองในตอนที่ 1 ทั้งที่สามารถมองเห็นได้ และไม่สามารถมองเห็นได้ มาทำการทดลองนั้น ในกรณีที่มองเห็นข้อความได้ เกิดจากการที่ปากกาที่ขีดทับนั้นไม่เกิดการสะท้อนหรือดูดกลืนแสงในช่วงของอินฟราเรด จึงทำให้สามารถมองเห็นข้อความที่เขียนโดยปากกาดำที่ดูดกลืนแสงในช่วงของอินฟราเรดได้ ซึ่งจะต่างกับในกรณีที่ปากกาที่ขีดทับกับปากกาที่นำมาเขียนข้อความ เป็นปากกาที่จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน จะพบว่าไม่สามารถที่จะมองเห็นข้อความที่ถูกขีดทับได้ และในกรณีที่ความเข้มของหมึกปากกาไม่เท่ากัน ก็จะทำให้สามารถที่จะมองเห็นข้อความได้ แต่ไม่ชัดเจน

4.6.3 การทดลองตอนที่ 3.2.1 (ค)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงภาพที่สามารถถ่ายได้ 3 รูปแบบ คือ

1. ข้อความสีดำ ซึ่งเกิดจากการดูดกลืนแสงของหมึกชนิดนั้น ทำให้กล้องสามารถถ่ายภาพออกมาแล้วปรากฏเป็นข้อความสีดำ
2. ข้อความสีขาว ซึ่งเกิดจากการสะท้อนแสงของหมึกชนิดนั้น ทำให้กล้องสามารถถ่ายภาพออกมาแล้วปรากฏเป็นข้อความสีขาว
3. ไม่ปรากฏข้อความ คือหมึกปากกาไม่ดูดกลืนและสะท้อนแสงในช่วงความยาวคลื่นของอินฟราเรด ทำให้กล้องไม่สามารถถ่ายภาพข้อความได้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการวัดสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงทั้ง 3 ชนิด พบว่า หลอดไส้ทั้งสแตนจะปล่อยสเปกตรัมของแสงในช่วงอินฟราเรดมากที่สุด โดยหลอดไส้ทั้งสแตนสามารถปล่อยความยาวคลื่นได้ตั้งแต่ 300 นาโนเมตร จนถึง 1,100 นาโนเมตร และมีความเข้มแสงอินฟราเรดที่ค่อนข้างสูง แต่สำหรับหลอดไฟไ้ยุงและหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์นั้นสามารถวัดสเปกตรัมของแสงอินฟราเรดได้เพียงในช่วง Near Infrared และมีความเข้มแสงอินฟราเรดที่ค่อนข้างต่ำ ส่วนการวัดสเปกตรัมของหมึกปากกา โดยสุ่มเลือกหมึกปากกาแค่บางชนิดมาทำการทดลอง พบว่ามีเพียงปากกาหมึกเจลยี่ห้อ PaperMate รุ่น gel หมึกสีน้ำเงินและสีเขียวเท่านั้นที่ไม่สามารถวัดสเปกตรัมในช่วงอินฟราเรดได้

การทดลองการตรวจพิสูจน์หมึกปากกาโดยใช้กล้อง DSLR เปรียบเทียบกับกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด ถ่ายภายใต้แสงของหลอดไฟทั้ง 3 ชนิด โดยจะแบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง การทดลองแรกเป็นการตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่ไม่มีการขีดลบแก้ไข พบว่า เมื่อใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดถ่ายหมึกปากกาสีน้ำเงินทั้งหมึกลูกลิ้น หมึกเจล และหมึกเคมีพบว่าปากกาหมึกเจลทุกค้ำสามารถตรวจสอบได้ภายใต้หลอดไฟทั้ง 3 ชนิด ส่วนปากกาหมึกลูกลิ้นมีเพียงปากกา ยี่ห้อ Uni Laknock fine ปากกาหมึกเคมียี่ห้อ Artline, Uni pin, SAKURA PIGMA และ STABILO Pen 68 เท่านั้นที่สามารถตรวจสอบได้ภายใต้หลอดไฟทั้ง 3 ชนิด ปากกาอื่นๆที่เหลือสามารถตรวจสอบได้ภายใต้หลอดไฟได้แค่บางชนิดหรือตรวจสอบได้ไม่ชัดเจนจนถึงไม่สามารถตรวจสอบได้เลย แม้ว่าหลอดไฟไ้ยุงกับหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์จะให้ช่วงแสงอินฟราเรดที่ค่อนข้างน้อย แต่เนื่องจากเซ็นเซอร์ของกล้องนั้นมีขนาดใหญ่ทำให้ยังคงสามารถรับแสงอินฟราเรดได้ ในการทดลองที่ 2 เป็นการตรวจพิสูจน์หมึกปากกาโดยมีการขีดลบหรือแก้ไขข้อความ ถ้านำปากกาที่สามารถตรวจสอบได้จากการทดลองแรกมาเขียนข้อความ และนำปากกาที่ไม่สามารถตรวจสอบได้จากการทดลองแรกขีดลบข้อความ เมื่อตรวจสอบด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดจะพบว่า ข้อความที่เขียนไว้ด้านหลังจะสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน ส่วนหมึกที่ขีดทับด้านหน้าจะไม่สามารถมองเห็นหรือตรวจสอบได้ ทำให้ข้อความที่ถูกขีดลบแก้ไขจนไม่สามารถมองเห็นหรืออ่านได้ด้วยตาเปล่าจะสามารถอ่านข้อความที่ถูกขีดลบออกได้ แต่ถ้านำปากกาที่สามารถตรวจสอบได้จากการทดลองแรกทั้งสองค้ำมาเขียนข้อความและขีดทับแล้วตรวจสอบด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดพบว่าไม่สามารถตรวจสอบหรือมองเห็นข้อความที่ถูกขีดลบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทั้งหมดที่กล่าวมานั้นสามารถสรุปได้ว่า หมึกชนิดที่ตรวจสอบได้และพบเห็นเป็นสีดำ แสดงว่าหมึกชนิดนั้นดูดกลืนแสงอินฟราเรด หมึกชนิดที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ แสดงว่าหมึกชนิดนั้นสะท้อนแสงนอกความยาวคลื่นที่ฟิลเตอร์อินฟราเรดยอมให้ผ่าน และหมึกชนิดที่สามารถตรวจสอบได้และเห็นเป็นสีขาว แสดงว่าหมึกชนิดนั้นสะท้อนแสงอินฟราเรดช่วงความยาวคลื่นที่ฟิลเตอร์ยอมให้ผ่าน ได้หมด สาเหตุที่ทำให้หมึกปากกาแต่ละชนิดมีการสะท้อนหรือดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกันนั้นเนื่องจาก โครงสร้างทางเคมีของหมึกปากกาแต่ละชนิดมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน โดยหมึกชนิดเดียวกันแต่ยี่ห้อต่างกัน โครงสร้างทางเคมีของหมึกปากกาจะแตกต่างกัน เป็นโครงสร้างที่เป็นแบบเฉพาะตัวซึ่งเป็นความลับทางการค้า และหมึกปากกาที่ต่างชนิดกันนั้น มีความแตกต่างทั้งโครงสร้างทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ จึงทำให้ช่วงการสะท้อนและดูดกลืนแสงของหมึกปากกาแต่ละชนิดแต่ละยี่ห้อที่แตกต่างกัน

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

จากงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าการใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดมาใช้ในการตรวจสอบวัตถุพยานเบื้องต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ การตรวจสอบหมึกปากกาโดยใช้หลักการสะท้อนและการดูดกลืนแสงในย่านอินฟราเรด จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเป็นการตรวจสอบได้ในระดับหนึ่ง ตรวจสอบการใช้ปากกาที่ต่างยี่ห้อกัน ตรวจสอบการใช้ปากกาที่มีหมึกต่างชนิดกัน ตรวจสอบการขีดลบหรือแก้ไขข้อมูลเพื่อให้อ่านเห็นข้อความที่ถูกขีดลบออกไป การตรวจสอบที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ไม่สามารถตรวจสอบให้เห็นความแตกต่างได้โดยใช้กล้อง DSLR หรือตรวจสอบได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบงานเอกสารต่างๆ เช่น เอกสารทางราชการ เช็คเงินสด เป็นต้น ซึ่งสามารถตรวจสอบการปลอมแปลง แก้ไข เพิ่มเติม หรือ ขีดลบส่วนใดส่วนหนึ่งของเอกสารได้ในเบื้องต้น

สำหรับงานวิจัยในอนาคตสามารถนำงานวิจัยนี้ไปต่อยอดโดยการใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดตรวจสอบวัตถุพยานอื่นๆ เช่น การตรวจสอบคราบเลือดบนเสื้อผ้า หรือบนวัตถุ เปรียบเทียบระหว่างคราบเลือด การตรวจสอบสิ่งที่หลงเหลือจากการยิงปืนหรือที่เรียกว่า Gun Shot Residue (GSR) คือการตรวจสอบคราบเขม่าดินปืนบนผิวหนัง บนเสื้อผ้า หรือบนวัตถุอื่นๆ รวมทั้งตรวจสอบหมึกปากกาที่หลายหลายมากกว่าในงานวิจัยนี้ ตรวจสอบหมึกปากกาที่เขียนบนพื้นผิวอื่นๆ นอกเหนือจากกระดาษที่ทำในงานวิจัยนี้ และตรวจสอบการขีดลบด้วยน้ำยาลบคำผิด อย่างไรก็ตามการตรวจสอบโดยใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดในงานวิจัยนี้ เป็นการตรวจสอบวัตถุพยานจากสถานที่เกิดเหตุอย่างรวดเร็วในเบื้องต้น เพื่อช่วยแบ่งเบาภาระวิเคราะห์ ตรวจสอบวัตถุพยานให้กับผู้ชำนาญ แต่การตรวจสอบวัตถุพยานต่าง ๆ นั้นจำเป็นต้องอาศัยผู้ชำนาญในการตรวจพิสูจน์อย่างละเอียดในห้องปฏิบัติการ และอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่มีมาตรฐาน มีความแม่นยำ และเชื่อถือได้ จึงจะเป็นการตรวจสอบวัตถุพยานที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] ปิยพงษ์ สิทธิคง. (ผู้แปล). (2551). *ฟิสิกส์ระดับอุดมศึกษา - เล่ม 3 ทัศนศาสตร์ และ ฟิสิกส์ยุคใหม่ 1* (พิมพ์ครั้งที่ 2). เขียนโดย ฮิวจ์ ดี ยิง, และ โรเจอร์ เอ ฟริคแมน. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อิน โด ไชนา
- [2] พิพิชญ์ สิทธิศักดิ์. (2554). รุ้รับแสง. ในบทที่ 2 หลักการทำงานและส่วนประกอบของ กล้องถ่ายภาพ (หน้า 6-12). กรุงเทพฯ: วิทยาลัยเพาะช่าง
- [3] Edward M. Robinson. (2010). *Crime Scene Photography*. 2nd Ed. China: Elsevier Inc.
- [4] Gibson, H. L. and W. Clark. (1978). *Photography by infrared 3rd Edition: its principles and Applications*. New York, USA: Wiley.
- [5] Hugh D. Young and Roger A. Freedman. (2008). *University Physics*. 12th Ed. San Francisco, USA. Pearson Education, Inc.
- [6] Pedrotti, F. L., L. M. Pedrotti, et al. (2007). *Introduction to optics*. 3rd Ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Prentice Hall.
- [7] [Online]. Available : <http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared>
- [8] [Online]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_radiation
- [9] [Online]. Available : http://pixinfo.com/en/articles/nikon_d60_preview/
- [10] [Online]. Available : <http://thai techno.net/t1/productdetails.php?id=64862&uid=38673>
- [11] [Online]. Available : <http://theglassblog.files.wordpress.com/2011/02/solar-spectrum1.jpg>
- [12] [Online]. Available : <http://topicstock.pantip.com/wahkor/topicstock/2009/10/X8394198/X8394198.html>
- [13] [Online]. Available : <http://www.californiaphotosafaris.com/2012/04/10/aperture-the-triangle-of-exposure/>
- [14] [Online]. Available : <http://www.dpreview.com/reviews/canoneos1ds>
- [15] [Online]. Available : <http://www.dpreview.com/reviews/canoneos30d>
- [16] [Online]. Available : <http://www.dpreview.com/reviews/canoneos60D>
- [17] [Online]. Available : http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/humanfac04148/imagesfigure_13_web.jpg
- [18] [Online]. Available : http://www.lc-gems.com/?longchiang&MODULE=m_productdetail&PRODUCT=02285
- [19] [Online]. Available : <http://www.lifepixel.com/infrared-photography-primer>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [20] [Online].Available : <http://www.nearinfraredsauna.com>
- [21] [Online].Available : http://www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php?option=com_content&task=view&id=2694&Itemid=9
- [23] [Online].Available : <http://www.telegraph.co.uk/earth/energy/9498092/Retailers-avoid-ban-on-traditional-light-bulbs.html>
- [24] [Online].Available : <http://www.unwittingvictim.com/Absorbers.html>
- [25] [Online].Available : http://www.ushio.co.jp/images/en/products/listoaoa_02_img_02.gif
- [26] [Online].Available : <http://www.physicsworld.nanacity.com>
- [27] [Online].Available : <http://www.glasswarechemical.com>
- [28] [Online].Available : <http://www.mwit.ac.th>



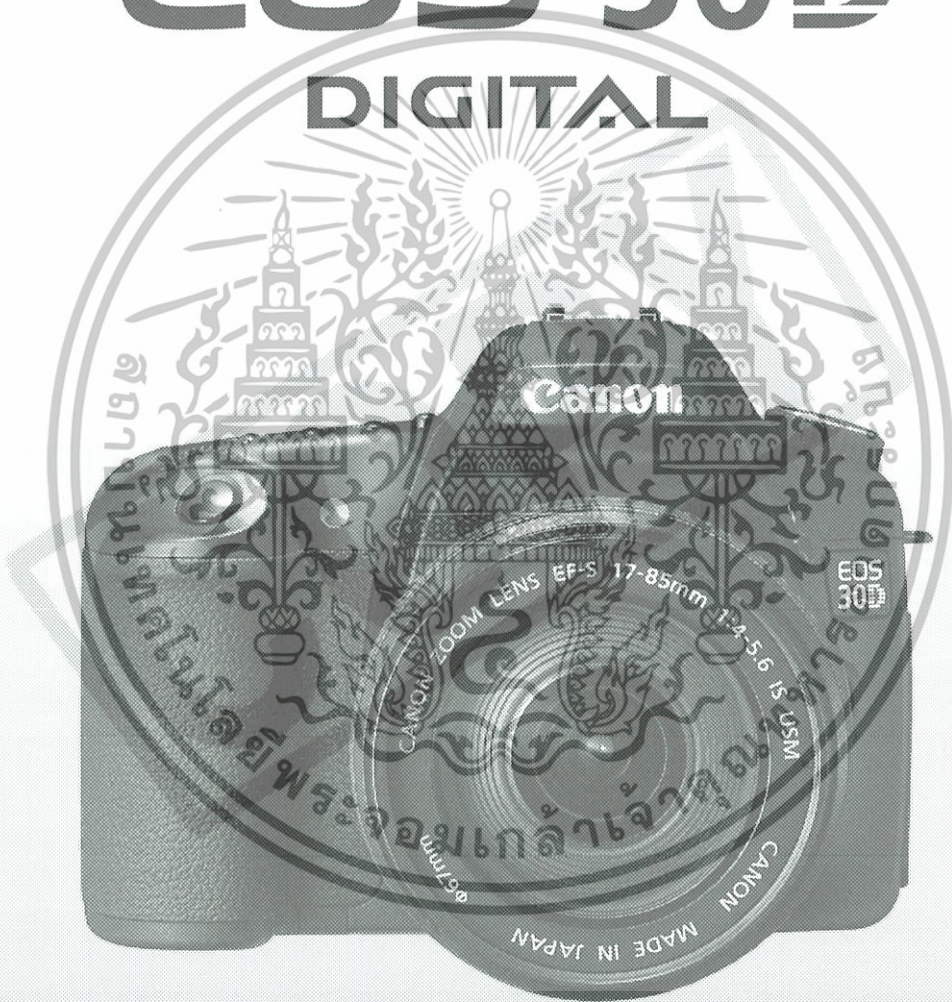


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Canon

EOS 30D

DIGITAL



Exif Print

DPOF

PictBridge

DIRECT
PRINT

BUBBLE JET
DIRECT



INSTRUCTION
MANUAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Canon

EOS 30D
DIGITAL

INSTRUCTION MANUAL

Specifications

• Type

Type:	Digital, single-lens reflex, AF/AE camera with built-in flash
Recording media:	Type I or II CF card * Compatible with Microdrive and 2GB or larger CF cards
Image sensor size:	22.5 x 15.0mm
Compatible lenses:	Canon EF lenses (including EF-S lenses) (35mm-equivalent focal length is equal to approx. 1.6 times the marked focal length)
Lens mount:	Canon EF mount

• Imaging Element

Type:	High-sensitivity, high-resolution, large single-plate CMOS sensor
Pixels:	Effective pixels: Approx. 8.20 megapixels Total pixels: Approx. 8.50 megapixels
Aspect ratio:	3:2
Color filter system:	RGB primary color filter
Low-pass filter:	Located in front of the image sensor, non-removable

• Recording System

Recording format:	Design rule for Camera File System 2.0
Image type:	JPEG, RAW (12bit)
RAW+JPEG simultaneous recording:	Possible
File size:	(1) Large/Fine: Approx. 3.6MB (3504 x 2336 pixels) (2) Large/Normal: Approx. 1.8MB (3504 x 2336 pixels) (3) Medium/Fine: Approx. 2.2MB (2544 x 1696 pixels) (4) Medium/Normal: Approx. 1.1MB (2544 x 1696 pixels) (5) Small/Fine: Approx. 1.2MB (1728 x 1152 pixels) (6) Small/Normal: Approx. 0.6MB (1728 x 1152 pixels) (7) RAW: Approx. 8.7MB (3504 x 2336 pixels) * Exact file sizes depend on the subject, ISO speed, Picture Style, etc.

File numbering:	Consecutive numbering, auto reset, manual reset
Color space:	sRGB, Adobe RGB
Picture Style:	Standard, Portrait, Landscape, Neutral, Faithful, Monochrome, User Def. 1 - 3
Interface:	USB port (USB 2.0 Hi-Speed): For connection to a personal computer and direct printing Video OUT terminal (NTSC/PAL)

• White Balance

Type: Auto, daylight, shade, cloudy, tungsten light, white fluorescent light, flash, custom, color temperature setting

Auto white balance: Auto white balance with the image sensor

Color temperature compensation: White balance correction:
 ± 9 stops in full-stop increments
 White balance bracketing:
 ± 3 stops in full-stop increments
 * Blue/amber bias or magenta/green bias possible

Color temperature information transmission: Provided

• Viewfinder

Type: Eye-level pentaprism

Coverage: Vertical/Horizontal approx. 95%

Magnification: Approx. 0.9x (-1 diopter with 50mm lens at infinity)

Eyepoint: Approx. 20 mm

Built-in dioptic adjustment: -3.0 - +1.0 diopter

Focusing screen: Fixed, precision matte

Mirror: Quick-return half mirror
 (Transmission: reflection ratio of 40:60, no mirror cut-off with EF600mm f/4L IS USM or shorter lens)

Viewfinder information: AF information (AF points, focus confirmation light), exposure information (shutter speed, aperture, ISO speed, AE lock, exposure level, spot metering circle, exposure warning), flash information (flash-ready, red-eye reduction lamp-on indicator, high-speed sync, FE lock, flash exposure compensation), white balance correction, maximum burst, CF card information

Depth-of-field preview: Enabled with depth-of-field preview button

• Autofocus

Type: TTL secondary image-registration, phase detection

AF points: 9 AF points

Metering range: EV -0.5 - 18 (at 20°C/68°F, ISO 100)

Focus modes: One-Shot AF, AI Servo AF, AI Focus AF, Manual focusing (MF)

AF point selection: Auto, manual

Selected AF point display: Superimposed in viewfinder and indicated on LCD panel

Specifications

AF-assist beam: Small series of flashes fired by built-in flash
Effective range: Approx. 4.0m/13.1ft. at center, approx.
3.5m/11.5ft. at periphery

• Exposure Control

Metering modes: 35-zone TTL full aperture metering

- Evaluative metering (linkable to any AF point)
- Partial metering (approx. 9% of viewfinder at center)
- Spot metering (approx. 3.5% of viewfinder at center)
- Center-weighted average metering

Metering range: EV 1-20 (at 20°C/68°F with EF50mm f/1.4 USM lens, ISO 100)

Exposure control: Program AE (Full Auto, Portrait, Landscape, Close-up, Sports, Night Portrait, Flash Off, Program), shutter-priority AE, aperture-priority AE, depth-of-field AE, manual exposure, E-TTL II autoflash

ISO speed: Basic Zone modes: ISO 100 - 400 set automatically
Creative Zone modes: Equivalent to ISO 100 - 1600 (in 1/3-stop increments), ISO speed can be expanded to ISO 3200.

Exposure compensation: Manual: ± 2 stops in 1/3- or 1/2-stop increments (can be combined with AEB)
AEB: ± 2 stops in 1/3- or 1/2-stop increments

AE lock: Auto: Applied in One-Shot AF mode with evaluative metering when focus is achieved.
Manual: By AE lock button in all metering modes.

• Shutter

Type: Electronically-controlled, focal-plane shutter

Shutter speeds: 1/8000 to 30 sec. (1/3- and 1/2-stop increments), bulb
X-sync at 1/250 sec.

Shutter release: Soft-touch electromagnetic release

Self-timer: 10-sec. delay

Remote control: Remote control with N3 type terminal

• Built-in Flash

Type: Retractable, auto pop-up flash

Flash metering: E-TTL II autoflash

Guide No.: 13/43 (ISO 100, in meters/feet)

Recycle time: Approx. 3 sec.

Flash-ready indicator: Flash-ready icon lights in viewfinder

190

Flash coverage: 17mm lens angle of view
 FE lock: Provided
 Flash exposure compensation: ± 2 stops in 1/3- or 1/2-stop increments

• External Speedlite

EOS-dedicated Speedlite: E-TTL II autoflash with EX-series Speedlite
 PC terminal: Provided
 Zooming to match lens focal length: Provided

• Drive System

Drive modes: Single, High-speed continuous, Low-speed continuous, and Self-timer (10 sec.)

Continuous: High-speed: max. 5 shots per sec., Low-speed: max. 3 shots per sec.

Maximum burst: JPEG (Large/Fine): Approx. 30, RAW: Approx. 11, RAW+JPEG (Large/Fine): Approx. 9

* Based on Canon's testing conditions with a 512MB CF card for high-speed continuous shooting.

* Varies depending on the subject, ISO speed, Picture Style, CF card, etc.

• LCD Monitor

Type: TFT color liquid-crystal monitor
 Monitor size: 2.5 in.
 Pixels: Approx. 230,000
 Coverage: 100% with respect to the effective pixels
 Brightness adjustment: Five levels provided
 Interface languages: 15

• Image Playback

Display format: Single image, shooting information, 9-image index, magnified view (Approx. 1.5x - 10x), autoplay, image rotation, and Jump (by 10 or 100 images, by date)
 Highlight warning: In the shooting information mode, any overexposed highlight areas with no image information will blink.
 Histogram: Brightness, RGB
 AF point display: Enabled

Specifications

• Image Protection and Erase

Protect: Single images can be erase-protected or not.
Erase: One image or all images in the CF card can be erased (except protected images).

• Direct Printing

Compatible printers: PictBridge, CP Direct, and Bubble Jet Direct-compatible printers
Printable images: JPEG images (DPOF printing possible)
Easy Printing feature: Provided

• DPOF: Digital Print Order Format

DPOF: Version 1.1 compatible

• Direct Image Transfer

Compatible images: JPEG and RAW images
* Images to be used for wallpaper on the personal computer screen must be JPEG images.

• Customization

Custom Functions: 19 Custom Functions with 53 settings

• Power Source

Battery: One Battery Pack BP-511A, BP-514, BP-511, or BP-512.
* AC power can also be supplied with the DC Coupler.
* With Battery Grip BG-E2, size-AA batteries can be used.

Battery life: [Number of shots · approx.]

Temperature	Shooting Conditions	
	No Flash	50% Flash Use
At 20°C / 68°F	1100	750
At 0°C / 32°F	900	600

* The above figures apply when a fully-charged Battery Pack BP-511A is used.

Battery check: Automatic
Power saving: Provided. Power turns off after 1, 2, 4, 8, 15, or 30 min.
Date/Time battery: One CR2016 lithium battery
Startup time: Approx. 0.15 sec.

• Dimensions and Weight

Dimensions (W x H x D): 144 x 105.5 x 73.5 mm / 5.7 x 4.2 x 2.9 in.

Weight: Approx. 700 g / 24.7 oz. (body only)

• Operation Environment

Working temperature range: 0°C - 40°C / 32°F - 104°F

Working humidity: 85% or less

• Battery Pack BP-511A

Type: Rechargeable lithium ion battery

Rated voltage: 7.4 V DC

Battery capacity: 1390 mAh

Dimensions (W x H x D): 38 x 21 x 55 mm / 1.5 x 0.8 x 2.2 in.

Weight: Approx. 82 g / 2.9 oz

• Battery Charger CG-580

Compatible battery: Battery Pack BP-511A, BP-514, BP-511, or BP-512

Recharging time: BP-511A, BP-514: Approx. 100 min.

BP-511, BP-512: Approx. 90 min.

Rated input: 100 - 240 V AC

Rated output: 8.4 V DC

Working temperature range: 0°C - 40°C / 32°F - 104°F

Working humidity: 85% or less

Dimensions (W x H x D): 91 x 67 x 31 mm / 3.6 x 2.6 x 1.2 in.

Weight: Approx. 115 g / 4.0 oz

• Battery Charger CB-5L

Compatible battery: Battery Pack BP-511A, BP-514, BP-511, or BP-512

Power cord length: Approx. 1.8 m / 5.9 ft.

Recharging time: BP-511A, BP-514: Approx. 100 min.

BP-511, BP-512: Approx. 90 min.

Rated input: 100 - 240 V AC

Rated output: 8.4 V DC

Working temperature range: 0°C - 40°C / 32°F - 104°F

Working humidity: 85% or lower

Dimensions (W x H x D): 91 x 67 x 32.3 mm / 3.6 x 2.6 x 1.3 in.

Weight: Approx. 105 g / 3.7 oz (excluding power cord)

Specifications

• EF-S18-55mm f/3.5-5.6 II

Angle of view:	Diagonal extent: 74°20' - 27°50' Horizontal extent: 64°30' - 23°20' Vertical extent: 45°30' - 15°40'
Lens construction:	11 elements in 9 groups
Minimum aperture:	f/22 - 36
Maximum magnification and field of view:	18mm: 0.10x (161 x 246 mm / 6.3 x 9.7 in.) 55mm: 0.28x (54 x 81 mm / 2.1 x 3.2 in.)
Closest focusing distance:	0.28 m / 0.92 ft.
Filter size:	58mm
Hood:	EW-60C
Diameter x length:	68.5 x 66 mm / 2.7 x 2.6 in.
Weight:	190 g / 6.7 oz.
Case:	LP814

- All the specifications above are based on Canon's testing standards.
- The camera's specifications and physical appearance are subject to change without notice.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Canon

EOS 60D



ENGLISH

**INSTRUCTION
MANUAL**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specifications

• Type

Type:	Digital, single-lens reflex, AF/AE camera with built-in flash
Recording media:	SD memory card, SDHC memory card, SDXC memory card
Image sensor size:	22.3 x 14.9 mm
Compatible lenses:	Canon EF lenses (including EF-S lenses) (35mm-equivalent focal length is approx. 1.6 times the lens focal length)
Lens mount:	Canon EF mount

• Image Sensor

Type:	CMOS sensor
Effective pixels:	Approx. 18.00 megapixels
Aspect ratio:	3:2
Dust delete feature:	Auto, Manual, Dust Delete Data appending

• Recording System

Recording format:	Design rule for Camera File System 2.0
Image type:	JPEG, RAW (14-bit Canon original) RAW+JPEG simultaneous recording possible
Recorded pixels:	Large : Approx. 17.90 megapixels (5184 x 3456) Medium : Approx. 8.00 megapixels (3456 x 2304) S1 (Small 1) : Approx. 4.50 megapixels (2592 x 1728) S2 (Small 2) : Approx. 2.50 megapixels (1920 x 1280) S3 (Small 3) : Approx. 350,000 pixels (720 x 480) RAW : Approx. 17.90 megapixels (5184 x 3456) M-RAW : Approx. 10.10 megapixels (3888 x 2592) S-RAW : Approx. 4.50 megapixels (2592 x 1728)

Create/select a folder: Possible

• Image Processing During Shooting

Picture Style:	Standard, Portrait, Landscape, Neutral, Faithful, Monochrome, User Def. 1 - 3
Basic+:	Shoot by ambience selection, Shoot by lighting or scene type
White balance:	Auto, Preset (Daylight, Shade, Cloudy, Tungsten light, White fluorescent light, Flash), Custom, Color temperature setting (Approx. 2500-10000K), white balance correction, and white balance bracketing possible * Color temperature information transmission enabled
Noise reduction:	Applicable to long exposures and high ISO speed shots

Automatic image
 brightness correction: Auto Lighting Optimizer
 Highlight tone priority: Provided
 Lens peripheral
 illumination correction: Provided

• Viewfinder

Type: Eye-level pentaprism
 Coverage: Vertical/Horizontal approx. 96% (with Eye point approx. 22 mm)
 Magnification: Approx. 0.95x (-1 m⁻¹ with 50mm lens at infinity)
 Eye point: Approx. 22 mm (From eyepiece lens center at -1 m⁻¹)
 Built-in dioptic adjustment: Approx. -3.0 - +1.0 m⁻¹ (dpt)
 Focusing screen: Interchangeable (Two types sold separately), Ef-A provided
 Electronic level: Horizontal level displayed up to ±9° in ±1° increments (For horizontal shooting only)
 Mirror: Quick-return type
 Depth-of-field preview: Provided

• Autofocus

Type: TTL secondary image-registration, phase detection
 AF points: 9 (All cross-type)
 Metering range: EV -0.5 - 18 (at 23°C/73°F, ISO 100)
 Focus modes: One-Shot AF, AI Servo AF, AI Focus AF, Manual focusing (MF)
 AF-assist beam: Small series of flashes fired by built-in flash

• Exposure Control

Metering modes: 63-zone TTL full-aperture metering

- Evaluative metering (linked to all AF points)
- Partial metering (approx. 6.5% of viewfinder at center)
- Spot metering (approx. 2.8% of viewfinder at center)
- Center-weighted average metering

 Metering range: EV 1 - 20 (at 23°C/73°F with EF 50mm f/1.4 USM lens, ISO 100)
 Exposure control: Program AE (Full Auto, Flash Off, Creative Auto, Portrait, Landscape, Close-up, Sports, Night Portrait, Program), shutter-priority AE, aperture-priority AE, manual exposure, bulb exposure
 ISO speed: Basic Zone modes: ISO 100 - 3200 set automatically
 (Recommended Creative Zone modes: ISO 100 - 6400 set manually exposure index) (1/3-stop increments), ISO 100 - 6400 set automatically, or ISO expansion to "H" (equivalent to ISO 12800)

Specifications

Exposure compensation: Manual: ± 5 stops in 1/3- or 1/2-stop increments
AEB: ± 3 stops in 1/3- or 1/2-stop increments (Can be combined with manual exposure compensation)

AE lock: Auto: Applied in One-Shot AF mode with evaluative metering when focus is achieved
Manual: By AE lock button

• Shutter

Type: Electronically-controlled, focal-plane shutter
Shutter speeds: 1/8000 sec. to 1/60 sec. (Full Auto mode),
Flash X-sync at maximum 1/250 sec.
1/8000 sec. to 30 sec., bulb (Total shutter speed range. Available range varies by shooting mode.)

• Flash

Built-in flash: Retractable, auto pop-up flash
Guide No.: Approx. 13/43 (ISO 100, in meters/feet)
Flash coverage: Approx. 17mm lens angle of view
Recycling time approx. 3 sec.
Wireless master unit function provided

External flash: EX-series Speedlite (Flash functions settable with the camera)

Flash metering: E-TTL II autoflash

Flash exposure compensation: ± 3 stops in 1/3- or 1/2-stop increments

FE lock: Provided

PC terminal: None

• Drive System

Drive modes: Single, High-speed continuous, Low-speed continuous, 10-sec. self-timer/remote control, 2-sec. self-timer/remote control

Continuous shooting speed: Max. approx. 5.3 shots/sec.

Max. burst: JPEG Large/Fine: Approx. 58 shots
RAW: Approx. 16 shots
RAW+JPEG Large/Fine: Approx. 7 shots

* Figures are based on Canon's testing standards (ISO 100 and Standard Picture Style) and a 4GB card.

• Live View Shooting

Aspect ratio settings:	3:2, 4:3, 16:9, 1:1
Focusing:	Live mode, Face detection Live mode (Contrast detection) Quick mode (Phase-difference detection) Manual focusing (Approx. 5x / 10x magnification possible)
Metering modes:	Evaluative metering with the image sensor
Metering range:	EV 0 - 20 (at 23°C/73°F with EF 50mm f/1.4 USM lens, ISO 100)
Silent shooting:	Provided (Mode 1 and 2)
Grid display:	Two types

• Movie Shooting

Movie compression:	MPEG-4 AVC/H.264 Variable (average) bit rate
Audio recording format:	Linear PCM
Recording format:	MOV
Recording size and frame rate:	1920x1080 (Full HD) : 30p/25p/24p 1280x720 (HD) : 60p/50p 640x480 (SD) : 60p/50p Crop 640x480 (SD) : 60p/50p * 30p: 29.97 fps, 25p: 25.00 fps, 24p: 23.976 fps, 60p: 59.94 fps, 50p: 50.00 fps
File size:	1920x1080 (30p/25p/24p) : Approx. 330 MB/min. 1280x720 (60p/50p) : Approx. 330 MB/min. 640x480 (60p/50p) : Approx. 165 MB/min. Crop 640x480 (60p/50p) : Approx. 165 MB/min.
Focusing:	Same as focusing with Live View shooting
Metering modes:	Center-weighted average and evaluative metering with the image sensor * Automatically set by the focusing mode
Metering range:	EV 0 - 20 (at 23°C/73°F with EF 50mm f/1.4 USM lens, ISO 100)
Exposure control:	Program AE (exposure compensation possible) for movies, manual exposure
Exposure compensation:	±3 stops in 1/3-stop increments (Still photos: ±5 stops)
ISO speed:	Automatically set within ISO 100 - 6400
(Recommended exposure index)	With manual exposure, ISO 100 - 6400 set automatically/manually

Specifications

Sound recording:	Built-in monaural microphone External stereo microphone terminal provided Sound recording level adjustable, wind filter provided
Grid display:	Two types

• LCD Monitor

Type:	TFT color, liquid-crystal monitor
Monitor size and dots:	Wide, 7.7 cm (3 inches) (3:2) with approx. 1.04 million dots
Coverage:	Approx. 100%
Angle adjustment:	Possible
Brightness adjustment:	Manual (7 levels)
Electronic level:	Horizontal level displayed in 1° increments
Interface languages:	25

• Image Playback

Image display formats:	Single image, Single image + Info (Basic info, detailed info, histogram), 4-image index, 9-image index, image rotate possible
Zoom magnification:	Approx. 1.5x - 10x
Image browsing methods:	Single image, jump by 10 or 100 images, by shooting date, by folder, by movie, by stills, by rating
Highlight alert:	Overexposed highlights blink
Slide show:	All images, by date, by folder, movies, stills, or by rating Three transition effects selectable
Movie playback:	Enabled (LCD monitor, video/audio OUT, HDMI OUT) Built-in speaker

• Post-Processing of Images

In-camera RAW image processing:	Brightness adjustment, white balance, Picture Style, Auto Lighting Optimizer, noise reduction at high ISO speeds, JPEG recording quality, color space, peripheral illumination correction, distortion correction, and chromatic aberration correction
Creative filters:	Grainy B/W, Soft focus, Toy camera effect, Miniature effect
Resize:	Possible
Ratings:	Provided

• Direct Printing

Compatible printers:	PictBridge-compatible printers
Printable images:	JPEG and RAW images
Print ordering:	DPOF Version 1.1 compatible

298

• Custom Functions

Custom Functions:	20
Camera user settings:	Register under Mode Dial's C
My Menu registration:	Possible
Copyright information:	Entry and inclusion enabled

• Interface

Audio/video OUT/

Digital terminal: Analog video (Compatible with NTSC/PAL)/stereo audio output
For personal computer communication and direct printing (Hi-Speed USB equivalent)

HDMI mini OUT terminal: Type C (Auto switching of resolution), CEC-compatible

External microphone

IN terminal: 3.5mm dia. stereo mini-jack

Remote control terminal: For Remote Switch RS-60E3

Wireless remote control: Remote Controller RC-6

• Power

Battery: Battery Pack LP-E6 (Quantity 1)
* AC power can be supplied via AC Adapter Kit ACK-E6
* With Battery Grip BG-E9 attached, size-AA/LR6 batteries can be used

Battery information: Remaining capacity, Shutter count, and Recharge performance displayed

Battery life:
(Based on CIPA testing standards)
With viewfinder shooting:
Approx. 1100 shots at 23°C/73°F, approx. 1000 shots at 0°C/32°F
With Live View shooting:
Approx. 320 shots at 23°C/73°F, approx. 280 shots at 0°C/32°F

Movie shooting time:
Approx. 2 hours at 23°C/73°F
Approx. 1 hr. 40 min. at 0°C/32°F
(With a fully-charged Battery Pack LP-E6)

• Dimensions and Weight

Dimensions (W x H x D): Approx. 144.5 x 105.8 x 78.6 mm / 5.7 x 4.2 x 3.1 in.

Weight:
Approx. 755 g / 26.6 oz. (CIPA Guidelines),
Approx. 675 g / 23.8 oz. (Body only)

• Operation Environment

Working temperature range: 0°C - 40°C / 32°F - 104°F

Working humidity: 85% or less

Specifications

• Battery Pack LP-E6

Type:	Rechargeable lithium-ion battery
Rated voltage:	7.2 V DC
Battery capacity:	1800 mAh
Dimensions (W x H x D):	Approx. 38.4 x 21.0 x 56.8 mm / 1.5 x 0.8 x 2.2 in.
Weight:	Approx. 80 g / 2.8 oz.

• Battery Charger LC-E6

Compatible battery:	Battery Pack LP-E6
Recharging time:	Approx. 2 hr. 30 min.
Rated input:	100 - 240 V AC (50/60 Hz)
Rated output:	8.4 V DC / 1.2A
Working temperature range:	5°C - 40°C / 41°F - 104°F
Working humidity:	85% or less
Dimensions (W x H x D):	Approx. 69.0 x 33.0 x 93.0 mm / 2.7 x 1.3 x 3.7 in.
Weight:	Approx. 130 g / 4.6 oz.

• Battery Charger LC-E6E

Compatible battery:	Battery Pack LP-E6
Power cord length:	Approx. 1 m / 3.3 ft.
Recharging time:	Approx. 2 hours 30 min.
Rated input:	100 - 240 V AC (50/60 Hz)
Rated output:	8.4 V DC/1.2A
Working temperature range:	5°C - 40°C / 41°F - 104°F
Working humidity:	85% or less
Dimensions (W x H x D):	Approx. 69.0 x 33.0 x 93.0 mm / 2.7 x 1.3 x 3.7 in.
Weight:	Approx. 125 g / 4.4 oz. (excluding power cord)

• EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 IS

Angle of view:	Diagonal extent: 74°20' - 27°50' Horizontal extent: 64°30' - 23°20' Vertical extent: 45°30' - 15°40'
Lens construction:	11 elements in 9 groups
Minimum aperture:	f/22 - 36
Closest focusing distance:	0.25 m / 0.82 ft. (From image sensor plane)
Max. magnification:	0.34x (at 55 mm)
Field of view:	207 x 134 - 67 x 45 mm / 8.1 x 5.3 - 2.6 x 1.8 in. (at 0.25 m / 0.82 ft.)
Image Stabilizer:	Lens shift type
Filter size:	58 mm
Lens cap:	E-58/E-58 II
Max. diameter x length:	Approx. 68.5 x 70.0 mm / 2.7 x 2.8 in.
Weight:	Approx. 200 g / 7.1 oz.
Hood:	EW-60C (sold separately)
Case:	LP814 (sold separately)

• EF-S 15-85mm f/3.5-5.6 IS USM

Angle of view:	Diagonal extent: 84°30' - 18°25' Horizontal extent: 74°10' - 15°25' Vertical extent: 53°30' - 10°25'
Lens construction:	17 elements in 12 groups
Minimum aperture:	f/22 - 36
Closest focusing distance:	0.35 m / 1.15 ft. (From image sensor plane)
Max. magnification:	0.21x (at 85mm)
Field of view:	255 x 395 - 72 x 108 mm / 10.0 x 15.6 - 2.8 x 4.3 in. (at 0.35 m / 1.15 ft.)
Image Stabilizer:	Lens shift type
Filter size:	72 mm
Lens cap:	E-72U/E-72 II
Max. diameter x length:	Approx. 81.6 x 87.5 mm / 3.2 x 3.4 in.
Weight:	Approx. 575 g / 20.3 oz.
Hood:	EW-78E (sold separately)
Case:	LP1116 (sold separately)

Specifications

• EF-S 18-135mm f/3.5-5.6 IS

Angle of view:	Diagonal extent: 74°20' - 11°30' Horizontal extent: 64°30' - 9°30' Vertical extent: 45°30' - 6°20'
Lens construction:	16 elements in 12 groups
Minimum aperture:	f/22 - 36
Closest focusing distance*:	At 18mm focal length: 0.49 m / 1.61 ft. (327 x 503 mm / 12.9 x 19.8 in. field of view) At 135mm focal length: 0.45 m / 1.48 ft. (75 x 112 mm / 3.0 x 4.4 in. field of view)
	* Distance from image sensor plane
Max. magnification:	0.21x (at 135mm)
Image Stabilizer:	Lens shift type
Filter size:	67 mm
Lens cap:	E-67/E-67 II
Max. diameter x length:	Approx. 75.4 x 101.0 mm / 3.0 x 4.0 in.
Weight:	Approx. 455 g / 16.0 oz.
Hood:	EW-73B (sold separately)
Case:	LP1116 (sold separately)

• EF-S 18-200mm f/3.5-5.6 IS

Angle of view:	Diagonal extent: 74°20' - 7°50' Horizontal extent: 64°30' - 6°30' Vertical extent: 45°30' - 4°20'
Lens construction:	16 elements in 12 groups
Minimum aperture:	f/22 - 36
Closest focusing distance:	0.45 m / 1.48 ft. (From image sensor plane)
Max. magnification:	0.24x (at 200mm)
Field of view:	452 x 291 - 93 x 62 mm / 17.8 x 11.5 - 3.7 x 2.4 in. (at 0.45 m / 1.48 ft.)
Image Stabilizer:	Lens shift type
Filter size:	72 mm
Lens cap:	E-72/E-72 II
Max. diameter x length:	Approx. 78.6 x 102.0 mm / 3.1 x 4.0 in.
Weight:	Approx. 595 g / 21.0 oz.
Hood:	EW-78D (sold separately)
Case:	LP1116 (sold separately)

• EF-S 17-85mm f/4-5.6 IS USM

Angle of view:	Diagonal extent: 78°30' - 18°25' Horizontal extent: 68°40' - 15°25' Vertical extent: 48°00' - 10°25'
Lens construction:	17 elements in 12 groups
Minimum aperture:	f/22 - 32
Closest focusing distance:	0.35 m / 1.15 ft. (From image sensor plane)
Max. magnification:	0.2x (at 85mm)
Field of view:	328 x 219 - 112 x 75 mm / 12.9 x 8.6 - 4.4 x 3.0 in. (at 0.35 m)
Image Stabilizer:	Lens shift type
Filter size:	67 mm
Lens cap:	E-67U/E-67 II
Max. diameter x length:	Approx. 78.5 x 92.0 mm / 3.1 x 3.6 in.
Weight:	Approx. 475 g / 16.8 oz.
Hood:	EW-73B (sold separately)
Case:	LP1116 (sold separately)

- All specifications above are based on Canon's testing standards.
- Dimensions, maximum diameter, length and weight listed above are based on CIPA Guidelines (except weight for camera body only).
- Product specifications and the exterior are subject to change without notice.
- If a problem occurs with a non-Canon lens attached to the camera, consult the respective lens maker.

Trademarks

- Adobe is a trademark of Adobe Systems Incorporated.
- Windows is a trademark or registered trademark of Microsoft Corporation in the United States and other countries.
- Macintosh and Mac OS are trademarks or registered trademarks of Apple Inc. in the United States and other countries.
- SDXC logo is a trademark of SD-3C, LLC.
- HDMI, HDMI logo, and High-Definition Multimedia Interface are a trademark or registered trademark of HDMI Licensing LLC.
- All other corporate and product names and trademarks mentioned in this manual are the property of their respective owners.